الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية العلوم

قسم الجيولوجيا- الدراسات العليا

استخدام التقانات الجيوفيزيائية والاستشعار عن بعد لكشف التكهفات والفجوات على الحدود السورية التركية(منطقة رأس العين)

أطروحة أعدت لنيل درجة الماجستير في الدراسات الجيوفيزيائية

إعداد الطالب: محمود محمد حسن

دبلوم في الاستكشاف الجيوفيزيائي

بإشراف

الأستاذ المشرف:

أ.د رامز وجيه ناصر

الفهارس

فهرس الأشكال

فهرس الجداول

استخدام التقانات الجيوفيزيائية (الجيورادار) والاستشعار عن بعد لكشف التكهفات والفجوات على الحدود السورية التركية (منطقة رأس العين)

الملخص

الهدف من هذا العمل هو القيام بتحريات جيوفيزيائية واستشعارية لمنطقة رأس العين لكشف التكهفات التحت سطحية وتحديد أبعادها وأماكن تواجدها وأسباب تشكلها، والاستفادة من نتائج هذه الدراسة في معالجة هذه التكهفات وتدعيم المباني المشادة فوقها والتي قد تؤدي إلى انهيارها في حال تجاهلها.

شملت هذه الدراسة توضيحا أوليا لوضع المنطقة من الناحية الطبوغرافية والجيولوجية والتكتونية والتاريخ الجيولوجي وتعريف أولي بالدراسات الجيولوجية والهيدروجيولوجية والجيوفيزيائية السابقة التي تمت في المنطقة. وتقييم الأعمال السابقة وخاصة الهيدروجيولوجية منها لما لها من ارتباط وثيق بدراستنا، وتبين أن جميع الدراسات السابقة لم تتناول موضوع استكشاف أماكن توضعات الكارست بل اكتفت بالإشارة إلى الدور السلبي للمياه في تشكله، ولم تتطرق إلى العوامل التي تساعد على نشوء وتنشيط العمليات الكارستية في المنطقة.

أمام هذا الموقف قمنا بدراسة الكارست المتواجد في منطقة رأس العين حيث حددنا العوامل التي ساهمت في تشكله وحصول الانخفاسات، كما قمنا بحصر معظم الانهيارات والانخفاسات التي حدثت في منطقة الدراسة مع تحديد أبعادها وأماكن تواجدها. انتقلنا بعد ذلك إلى دراسة علاقة التركيب الكيميائي للمياه الجوفية بتشكل الكارست زمانيا ومكانيا وتوصلنا إلى أن الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية والجنوبية ووسط مدينة رأس العين هي الأكثر عرضة لتشكل الكارست وحدوث الانهيارات. كما قمنا بدراسات استشعارية وجيوفيزيائية (جيورادارية) توصلنا من خلالها إلى اكتشاف عدد كبير من التكهفات وبأبعاد مختلفة، قمنا بتحديد دقيق لمواقع التكهفات المكتشفة بطريقة المسح الجيوراداري ولمواقع الانهيارات على الصور الفضائية الدقيقة، تم تفسير الصور الفضائية وتحديد العديد من الفوالق المحتملة في منطقة الدراسة،و وضع مخطط يبين حركة المياه السطحية في منطقة الدراسة وما حولها، وأجرينا عملية تكامل بين النتائج التي توصلنا إليها باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة وبين الطرائق الجيوفيزيائية والدراسات الجيولوجية والهيدروكيميائية وذلك من خلال ميزة التحليل المكاني وبنتيجة ذلك حددنا درجة الخطورة لقطاعات المنطقة وميزنا بالألوان تفاوت هذه الدرجة لكل قطاع حيث وضعنا هذه القطاعات اللونية كشفافية فوق الصورة الفضائية الخاصة بمنطقة الدراسة لكي تزيد الدقة في التمثيل والوضوح و كنتيجة أساسية تبين لنا أن السبب الرئيسي لحدوث الانخفاسات في منطقة رأس العين هو الضخ الجائر للمياه الجوفية والذي أدى إلى انخفاض المنسوب الستاتيكي للمياه الجوفية وأن تشكل الانخفاسات ناتج بشكل أساسي عن توفر الوسط الرطب الناتج عن تسرب مياه سطحية بأشكالها المختلفة (أمطار، مواسير مياه عذبة، مياه الري، الصرف الصحي ...الخ) و وجود التربة ذات النفاذية العالية سهلة الانجراف والانحلال والتكهف في الصخر الكلسي الهلفيتي الموجود مسبقاً والذي يميز توضعات الهلفتيان في منطقة الدراسة.

ونظرا لما تعانيه منطقة الدراسة من انهيارات فإننا اقترحنا معالجة التكهفات المكتشفة من قبلنا و منع تسرب المياه السطحية إلى التربة عن طريق معالجة أماكن التسرب سواء في أنابيب مياه الشرب أو الصرف الصحي و استبدال طريقة الري بالغمر بطرق الري الحديثة و استبدال الضخ الجائر للمياه الجوفية من الآبار إلى مجرى نهر الخابور بضخها في أنابيب تمتد من

مناطق الضخ إلى مناطق الاستثمار واقترحنا إنشاء مكتب طوارئ في منطقة رأس العين توكل إليه مهمة الوقاية من التكهفات ومعالجتها.

تمهيد

شهدت بعض المناطق في القطر العربي السوري (محافظتي الحسكة والرقة) وبعض الأقطار العربية (السعودية) وعدد من بلدان العالم (الولايات المتحدة الأمريكية) في الآونة الأخيرة العديد من الكوارث البشرية نتيجة لانهيار بعض منشآتها العمرانية والاقتصادية بسبب وجود التكهفات والفجوات والتشققات في بنيتها الجيولوجية الجوفية التي شيدت فوقها، مما حذى بنا القيام بهذه الدراسة بهدف استكشاف أماكن تواجد هذه التكهفات في منطقة الدراسة ومعرفة أسباب تشكلها للوصول إلى حلول مفيدة بهدف تدعيم المنشآت والحد من التأثير السلبي لهذه الفجوات والتكهفات على الإنسان والبيئة.

لقد أولت الحكومة في سوريا أهمية متزايدة في الآونة الأخيرة لدراسة وتحديد واستكشاف التكهفات في عدة مناطق من الأراضي السورية وخاصة المنتشرة في محافظتي الحسكة والرقة لتفادي الأضرار التي قد تنجم عن انهيار المنشآت المشادة فوق هذه التكهفات، حيث تم توجيه المؤسسات البحثية والعلمية والخدمية كالمؤسسة العامة للجيولوجياو الاستشعار عن بعد لدراسة مناطق تواجد هذه التكهفات ووضع الحلول والمقترحات لمعالجتها هندسيا وتحديد أسباب تشكل هذه الفجوات والشقوق عموما تفاديا لحدوث أي كوارث مستقبلية قد تنجم عن انهيارها.

من هنا تأتي أهمية هذهالدراسة التي قمنا بها على أراضي مدينة رأس العين والتي تعتبر واحدة من أهم المدن السورية من الناحية الزراعية لكنها مهددة بحدوث مآسي بشرية نتيجة لوجود التكهفات والتشققات في صخورها والتي سببها المباشر انخفاض منسوب المياه الجوفية في أراضيها والذي نجم عنه زيادة في حجم الفراغات الصخرية حيث يصل بعضها إلى فراغ حرج مما يؤدي إلى حدوث انهيارات ينتج عنها كوارث بشرية ومادية.

مقدمة

تقع الجمهورية العربية السورية في القسم الغربي من قارة آسيا بين خطي العرض (32˚ 40´) و(37˚20´)شمالاً وبين خطي الطول(35˚ 43´) و(42˚ 25´) شرقا. يحدها من الشرق العراق ومن الشمال تركيا ومن الغرب البحر الأبيض المتوسط ولبنان وفلسطين ومن الجنوب الأردن والعراق. تطل سورية من جهة الغرب على البحر المتوسط بينما تتاخمها من الجنوب الشرقي الصحراء العربية ومن الشمال جبال طوروس وبالتالي فهي تتميز بتنوع تضاريسها فنجد فيها الساحل الرملي قليل التعاريج والرؤوس والخلجان، تقوم بمحاذاته وبصورة موازية له سلسلتين من الجبال غربية وشرقية تبدأ الغربية منها بجبال الأمانوس في الشمال ويليها (باتجاه الجنوب) جبل الأقرع ثم جبال اللاذقية فجبال لبنان الغربية وجبل الجليل. وتطل الجبال الساحلية من جهة الشرق على وادي انهدامي يبدأ بسهل العمق في الشمال ويمتد نحو الجنوب ليشمل سهول الروج والغاب والبقاع كما يشمل بحيرات العمق وقطينة وطبرية[1]وا إلى الشرق من الوادي الانهدامي تقوم السلسلة الشرقية وهي أقل ارتفاعاً واستمراراً من السلسلة الغربية حيث تبدأ بجبل الأكراد في الشمال، يليه إلى الجنوب جبل الزاوية وجبال لبنان الشرقية (التي تنتهي بجبل الشيخ) وجبال عجلون. ويتفرع عن السلسلة الشرقية بعض الجبال والهضاب كجبال القلمون والجبال التدمرية الجنوبية وهضبة الجولان. بينما نلاحظ في الداخل بعض الجبال المنعزلة كالجبال التدمرية الشمالية وجبل عبد العزيز وجبل العرب امتدادا لجبل سنجار. كما تتوزع السهول بين الكتل الجبلية وعلى أطرافها وتغطي سهول الجزيرة السورية القسم الشمالي الشرقي من القطر على حين تشمل البادية السورية القسم الجنوبي الشرقي منه.

بصورة عامة تغطي الأراضي التي يزيد ارتفاعها على 400 متر عن سطح البحر أكثر من نصف المساحة العامة للقطر[23].

لقد تم التركيز في دراستنا هذه على منطقة رأس العين لأهميتها الزراعية حيث تعتبر أراضيها من أهم المناطق الزراعية في سورياو التي يعتمد ريها على المياه الجوفية بالتالي فهيتحتل موقعاً اقتصادياً هاماً على الصعيد الوطني.

تعرضت أراضي المنطقة المدروسة في الآونةالأخيرة وخاصة في العقد الأخير من القرن الماضي إلى تدهور واضح في مواردها المائية الجوفية حيث تناقصت تصاريف ينابيعها مع جفاف معظمهاو انخفضت مناسيب المياه الجوفية في عموم أنحاء هذه المنطقة، وقد كان ذلك سببا في حصول العديد من الانهيارات فيها. مما استدعى الحكومة اتخاذ عدةإجراءات للحد من هذا التدهور كإيقاف تراخيص حفر الآبار في المنطقة وضع قيود صارمة على استثمار المياه الجوفية فيها.

أمام هذا الموقف كان لابد لنا من تحليل المعطيات المتوفرة عن منطقة رأس العين وخصوصا المعطيات الجيولوجية والهيدرولوجية باعتبارها هي مكان ومنشأ الكارست ومن ثم إجراء مسوحات جيورادارية لتحديد أماكن توضع هذه الفجوات وأبعادها وتحديد دور المياه وحركيتها في توسيع هذه الفجوات وتشكل فراغات أخرى وا ٍمكانية انهياراتها مما يسبب كوارث بيئية وبشرية لذلك عمدنا إلى تقسيم المنطقة إلى تحت مناطق ووضع كود لدرجة خطورة كل جزء منها الإجراء المسوحات الجيوفيزيائية المناسبة بالاضافة إلى دراسة وتحليل المعطيات الجيولوجية والهيدرولوجية المتوفرة عن منطقة الدراسة باعتبارها مسبب رئيسي لاتساع هذه الفجوات والشقوق وذلك لتحديد أماكن توضع هذه الفجوات والشقوق وتحديد دور المياه في تكوينها واتساعها.

الفصل الأول

الأعمال والدراسات السابقة في منطقة الدراسة

1-1- الأعمال والدراسات السابقة في منطقة الدراسة

مع ازدياد التقدم والتطور الحضاري والمتطلبات الناتجة عنه من زيادة في عدد المساكن البشرية والمدارس والمستشفيات في وطننا الحبيب، حظيت المنطقة الشمالية الشرقية وبصورة خاصة منطقة رأس العين الزراعية باهتمام الحكومة فشيدت المدارس وشقت الطرقات وأقيمت المنشآت الحيوية، وبعد عدة سنين تبين أن هناك فجوات وشقوق تحت سطحية تتطور وتتسع مع مرور الزمن وأصبح البعض منها بحالة حرجة وبعضها الآخر حدث له انهيار وسبب بعض الكوارث (كطريق البلدية – المدرسة الصناعية- مدرسة كيفورك- مدرسة سلمان الفارسي- شعبة التجنيد- الأبنية مقابل الحديقة العامة...الخ).

لقد قمنا بالاطلاع على معظم الأبحاث التي نفذت في المنطقة الدراسة ولاسيما الدراسات المتعلقة بالمياه لأهمية دورها في تشكل واتساع الفجوات والكارست فيها ونقدم هنا ملخصا لبعض منها:

1-1-1- دراسة منظمة الأغذية والزراعة العالمية (الفاو)

نُفذت الأعمل الخاصة بدراسة الموارد المائية في هذه المنطقة من قبل منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) التابعة لهيئة الأمم المتحدة بين الأعوام 1961-1963 وقدم التقرير النهائي عام 1966.

شملت الدراسة: أعمال جيوفيزيائية بطريقة السبر الكهربائي الشاقولي (VES)، حفر سبور، تجارب نفاذية ودراسة هيدروجيولوجية عامة.

وبنتيجة هذه الأبحاث تبين مايلي: تقع الينابيع الأساسية في منطقة الخابور في الأراضي التركية ويتراوح مخزونها من عدة أمتار مكعبة في الثانية حتى عشرات الأمتار المكعبة. وهي على الأغلب ذات تركيب بيكربوناتي تقدر درجة حرارتها وسطياً حوالي 18° وتقع على ارتفاع حوالي 500م عن سطح البحر. تستخدم مياه هذه الينابيع بشكل أساسي لأغراض الشرب ولقد صنفت هذه الدراسة الطبقات الحاملة الى أربعة مجموعات كبيرةو الأكثر غزارة منها هي التالية:

- مجموعة الرمل والبحص والكونغلوميرات العائدة للباليوسين والرباعي.
- مجموعة صخور الأيوسين الكربوناتية – الحجر الكلسي والدولوميت وغيرها.

وبحسب معطيات المراقبة خلال عام 1966 ولفترات مختلفة كان لينابيع رأس العين التدفقات التالية:

من 5.15 م3/ثا حتى 6.35 م3/ثا نبع الزرقا (الجنوبي)- من 1.86 م3/ثا حتى 2.73 م3/ثا نبع الكبريت (الجنوبي)- 3.11م3/ثا النبع رقم 2 (الشمالي)- 0.424 م3/ثا نبع الزرقا (الشمالي).

وبناءً على معطيات القياسات الهيدرولوجية بلغ التدفق الأعظمي الإجمالي لنهر الخابور حوالي 41.6 م3/ثا بتاريخ 1960/8/4.

أما ما يخص استثمار ينابيع رأس العين التي تتغذى من الحامل المائي الأيوسيني فقد خلصت الدراسة إلى مقترح يتضمن تنفيذ سد على نهر الخابور أو إجراء عمليات ضخ بكميات كبيرة لمياه الينابيع وخاصةً في فصل الصيف[24].

1-1-2- دراسة الشركة البلغارية "أغروكومبليكت"

قامت الشركة البلغارية "أغروكومبلكت" أعمال هيدروجيولوجية، تحريات وحفر سبور في الفترة بين عامي 1976-1977 بهدف وضع تصميم لشبكة ري في موقعين، يتم سحب المياه الجوفية في الموقع الأول من العمر الباليوسيني وحتى الرباعي، ويتم سحب المياه في الموقع الثاني من طبقة الأيوسين ضمن المساحة المجاورة لينابيع ر أس العين.

كما نفذت شركة "أغروكومبلكت" في الفترة بين عامي 1982-1984 تحريات جيولوجية إضافية حيث تم حفر سبور بهدف تصميم شبكة ري إلى الشمال الشرقي من سوريا. وفي عام 1985 نفذت الشركة تحريات المرحلة الثانية حيث تم وضع مخطط لاستثمار المياه الجوفية من الطبقات الحاملة المشار إليها من خلال حفر السبور. انتهت شركة "أغروكومبلكت" عام 1988من تحريات المرحلة الثانية و خلصت إلى أنه نتيجةً لاستثمار 1500 بئر سينخفض منسوب المياه الجوفية بمقدار 1.0-1.5 م في العام [18].

1-1-3- دراسة الشركة العامة للدراسات المائية

قامت الشركة العامة للدراسات المائية على مرحلتين بين عامي 1993-1996 بأعمال التحريات والدراسات بمقياس 1:200000 بهدف تقييم الموارد المائية السطحية والجوفية لحوض نهري دجلة والخابور وا ٍعداد الموازنة المائية للطبقات الحاملة من العمر النيوجيني واالباليوجيني.

تم تحليل معلومات الأعمال المنفذة سابقاً من خلال نتائج أعمال المرحلة الأولى (1993-1996) بما في ذلك الهيدرولوجيا والهيدروجيولوجيا التي تسمح بتقييم حالة استخدام الموارد المائية في المنطقة موضوع الدراسة وقد توصلت إلى مايلي:

- التمييز بين الأحواض الصبابة الهيدروجيولوجية التالية: الرد - رأس العين - عين العرب - الخابور وحوض الجزيرة الأدنى.
- أعدت هذه الشركة التقرير المتعلق بـ "مشروع دراسة الحوض الهيدروغرافي لنهري دجلة والخابور" والذي شمل: المجلد (I - الهيدرولوجيا)، المجلد (II - الهيدروجيوفيزيا)، المجلد (III الهيدروجيولوجيا).

ونبين فيما يلي النتائج التي تضمنتها الدراسة السابقة:

من حيث الموقع تدخل المنطقة موضوع الدراسة ضمن مايسمى "وادي ما بين النهرين" الذي يعود إلى العصر النيوجيني، وهي عبارة عن مساحة مستوية ذات مناسيب ارتفاع تتراوح بين 368 م شمالا وحتى 340 م جنوبا.

وتتألف من المجموعات الجيولوجية التالية:

- ✓ مجموعة الصخور التي يعود عمرها إلى الرباعي بسماكة إجمالية حوالي /15/ متر وهي بشكل أساسي عبارة عن غضار وتنتشر في المناطق النهرية والمناطق المنخفضة.
- ✓ مجموعة التشكلات التي تعود إلى النيوجين الأوسط وتتألف من قسمين رئيسيين:

القسم الأول: عبارة عن مارل وحجر كلسي وطبيقات من الجبس من عمر التورتون.

القسم الثاني: عبارة عن حجر كلسي مرمري متكهف ومتشقق مع طبيقات حوارية من عمر الهلفيت. تحت التشكلات المشار إليها أعلاه تُصادف طبقات عبارة عن دولوميت وحجر كلسي بيولوجي وحجر كلسي حواري التي تستبدل أحياناً بمارل باليوجيني (أوليغوسين–أيوسين). تعتبر المنطقة المدروسة معقدة من الناحية التكتونية حيث أدى وجود التصدعات المختلفة والشقوقية العالية للصخور إلى علاقة هيدروليكية بين الطبقات الحاملة للمياه المختلفة (ابتداءً من الأيوسين الأوسط وحتى التورتون الأعلى). تبلغ مناسيب المياه الجوفية في السبور على التوالي من 20–120م (القسم الشمالي من المنطقة) حتى 125–175م (القسم الجنوبي منها) حيث تم فيها تمييز نوعين للمياه الجوفية:

أ– مياه عذبة ذات ناقلية كهربائية 500–800 ميكروموز ودرجة حرارة 21–23°، وقد تبين وجودها في القسم الشمالي من المنطقة.

ب–مياه من النوع الكبريتي الناقلية الكهربائية لها عالية تزيد عن 1000 ميكروموز وهي بشكل أساسي مياه القسم الجنوبي من المنطقة. تعتبر طبقة الصخور الواقعة على الأعماق 170–500 م هي الحامل الأساسي للمياه في المنطقة وهي صخور كربوناتية من الأيوسين الأوسط – الأوليغوسين.

بناءً على الأعمال الجيوفيزيائية التي نفذتها الشركة العامة للدراسات المائية تم الحصول على النتائج الأساسية التالية:

– تعتبر المياه الجوفية الواردة من الأراضي التركية عبر الصخور الدولوميتية والكلسية هي المصدر الرئيسي لمياه الينابيع والآبار.

– تبين وجود ثلاثة مجموعات جيوكهربائية من الصخور:

المجموعة الجيوكهربائية I – وهي الصخور من عمر التورتون والرباعي (مارل وغضار وحجر كلسي) تعتبر هذه المجموعة كتيمة نسبياً .

المجموعة الجيوكهربائية II – صخور غضارية كلسية من الأوليغوسين والهلفيت تعتبر هذه المجموعة حاملة للماء، وتتطور هنا العمليات الكارستية بشكل جيد.

المجموعة الجيوكهربائية III – وهي طبقات الدولوميت والحجر الكلسي، تعتبر هذه الطبقة الحامل الرئيسي للمياه.

– تعتبر التشكلات الهلفيتية النيوجينية أحد الحوامل المائية الأساسية في منطقة رأس العين وهي عبارة عن حجر رملي كلسي وحجر كلسي عضوي مع طبيقات من الدولوميت وهي متكهفة وعالية الشقوقية.

– تتكشف صخور الهلفيت في منطقة رأس العين وتبلغ سماكتها حوالي 50–60 م يتوضع تحت هذه المجموعة تشكلات كربوناتية من الأوليغوسين والأيوسين عالية الشقوقية متكهفة ومفككة وتشكل مجموعة حاملة واحدة ذات مياه شقوقية كارستية، تتراوح سماكة التوضعات الأيوسينية في حوض رأس العين من 100 إلى 200 م.

– تدل الناقلية المائية العالية لمجموعة الايوسين–هيلفيت على الشقوقية الكبيرة لصخورها.

– يحصل الحامل المائي من عمر الأيوسين على التغذية الرئيسية من جهة الأراضي التركية.

– يوجد نطاقين لتغذية الطبقة الحاملة من عمر الأيوسين وهما الاتجاه الأفقي للتغذية الذي يقع على منحدرات جبال ماردين والنطاق الآخر منحدرات جبال أورفا التي لها اتجاه صاعد باتجاه نطاق ينابيع رأس العين.

– تعتبر توضعات الأيوسين الأسفل والباليوسين كتيمة وهي عبارة عن مارل وكلس غضاري.

– تتوضع صخور الأيوسين على امتداد الحدود السورية التركية في منطقة رأس العين على عمق 200 م وتصل حتى 350 م في منطقة الدرباسية و420 م في منطقة عامودا.

– تم تمييز مجموعتين حاملتين للماء في منطقة رأس العين لكلٍ منهما منطقة تغذية خاصة بها.

– دلت المراقبات في منطقة رأس العين على أن انخفاض مناسيب المياه الجوفية من عام 1965 وحتى عام 1995 أي خلال /30/ عام(4–6 م) أي أنه يبلغ وسطياً 0.32 م/سنة أما في السنوات الأخيرة فقد بلغ 0.38 م/سنة أي أن الانخفاض السنوي في مناسيب المياه الجوفية شبه ثابت تقريباً [19].

1-1-4- "مشروع إعداد بنك المعلومات والموديل الرياضي للقسم الشمالي من حوض نهر الخابور"، أكساد والشركة العامة للدراسات المائية

يعتبر هذا التقرير نتاجاً نهائياً لمجموعة الأعمال التي نُفذت بهدف تقييم حالة استثمار الموارد المائية الجوفية وضمان التحكم السليم بها في المنطقة التي تعتبر أحد أهم المناطق الزراعية في الجمهورية العربية السورية، وكانت الغاية من هذه الدراسات:

– إنشاء بنك المعطيات والموديل الرياضي للقسم الشمالي من حوض الخابور.

– تدقيق الموازنة المائية للقسم الشمالي من المشروع على الأراضي السورية.

- التنبؤ بازدياد استثمار المياه الجوفية.

- التنبؤ بتغيرات مناسيب المياه الجوفية.

وخلص هذا التقرير بالتوصيات التالية:

1. يجب القيام بقياسات دقيقة لمناسيب المياه الجوفية ولقيم الاستجرار سواء من حيث الزمان أو من حيث المكان مرتين كحد أدنى.
2. البدء مباشرةً بإنشاء شبكة مراقبة نظامية للطبقة الحاملة ولكامل المنطقة، ويجب أن تكون هذه الشبكة أكثف في منطقة رأس العين حتى يمكن مراقبة التغيرات في الطبقة الحاملة التي يتم الاستجرار منها.
3. إن الاستنزاف الكبير للمياه الجوفية من المنطقة المتكهفة القريبة من سطح الأرض كما هو حاصل حالياً في منطقة رأس العين يمكن أن يؤدي إلى انهيار سطح الأرض (Land Subsidence) لذلك يُفضل القيام بقياسات مناسيب المياه في نقاط استنادية في منطقة الاستثمار[4].

1-1-5- تقييم الدراسات السابقة

- لم تتناول الدراسات السابقة موضوع استكشاف أماكن توضعات الكارست بل اكتفت بالإشارة إلى الدور السلبي للمياه في تشكل الكارست.
- لم تتطرق الدراسات السابقة إلى العوامل التي تساعد على نشوء وتنشيط العمليات الكارستية في المنطقة وهي: المناخ، تضاريس الموقع، التبادل المائي بين المياه السطحية والجوفية، الشقوقية والعوامل الهيدروكيميائية.
- خلت الدراسات السابقة من وجود مقاطع جيولوجية هندسية بمقاييس مناسبة لموقع مدينة رأس العين.
- لا توجد نماذج رياضية وتحديداً هيدروكيميائية حول العمليات الكارستية في منطقة مدينة رأس العين والمناطق المجاورة لها.
- لا توجد معطيات محددة حول المناطق المتشققة في المنطقة كونها العامل المساعد على الظواهر الكارستية، علما بأنها تمتاز بوجود العديد من الكسور فيها.
- افتقار المنطقة لمعطيات فعلية عن الخواص الفيزيائية للترب التي تتوضع قريباً من سطح الأرض.
- عدم توفر معطيات حسابية لتقييم تأثير ضخ المياه الجوفية على الهبوطات المحتملة لسطح الأرض.
- لم تنفذ دراسات للعثور على المخاريط الكارستية والمواقع المتكهفة.

1-2- أهمية ومبررات الدراسة

كانت مدينة رأس العين ومازالت تعاني من انهيارات بسبب وجود التكهفات والتشققات في بنيتها الداخلية وصخر الأساس والتي تتوسع وتكبر مع مرور الزمن بسبب حركة المياه السطحية والتحت سطحية في هذه الشقوق والفجوات مما يؤدي في مراحل متقدمة إلى انهيار المنشآت المشادة فوقها مما قد ينتج عنه حدوث كوارث على هذه المنشآت والقاطنين فيها على حد سواء.

من هنا أتت أهمية هذه الدراسة، حيث قمنا بإجراء دراسات حقلية (جيولوجية- هيدروجيولوجية- جيوفيزيائية- استشعارية) تلاها دراسات مكتبية بهدف تحديد أماكن الفجوات والتشققات في بعض المرافق العامة في المدينة (العديد من المدارس والمشافي والطرقات...الخ) للاستفادة من نتائج هذه الدراسات لدرء الضرر الممكن أن يحل على ساكنيها وللوصول إلى أمان عمراني بالمنطقة في المستقبل القريب.

1-3- هدف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى كشف التكهفات والفجوات التحت سطحية وتحديد أبعادها وأماكن تواجدها ضمن أراضي منطقة رأس العين وذلك باستخدام بعض التقانات الحديثة (الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية) وبعض الطرائق الجيوفيزيائية (الجيورادار) وتقديم نتائج هذه الدراسة إلى الجهات الوصائية والجهات العامة المختصة.

الفصل الثاني

الحالة المعرفية عن منطقة الدراسة

2-1- الحالة المعرفية عن منطقة الدراسة

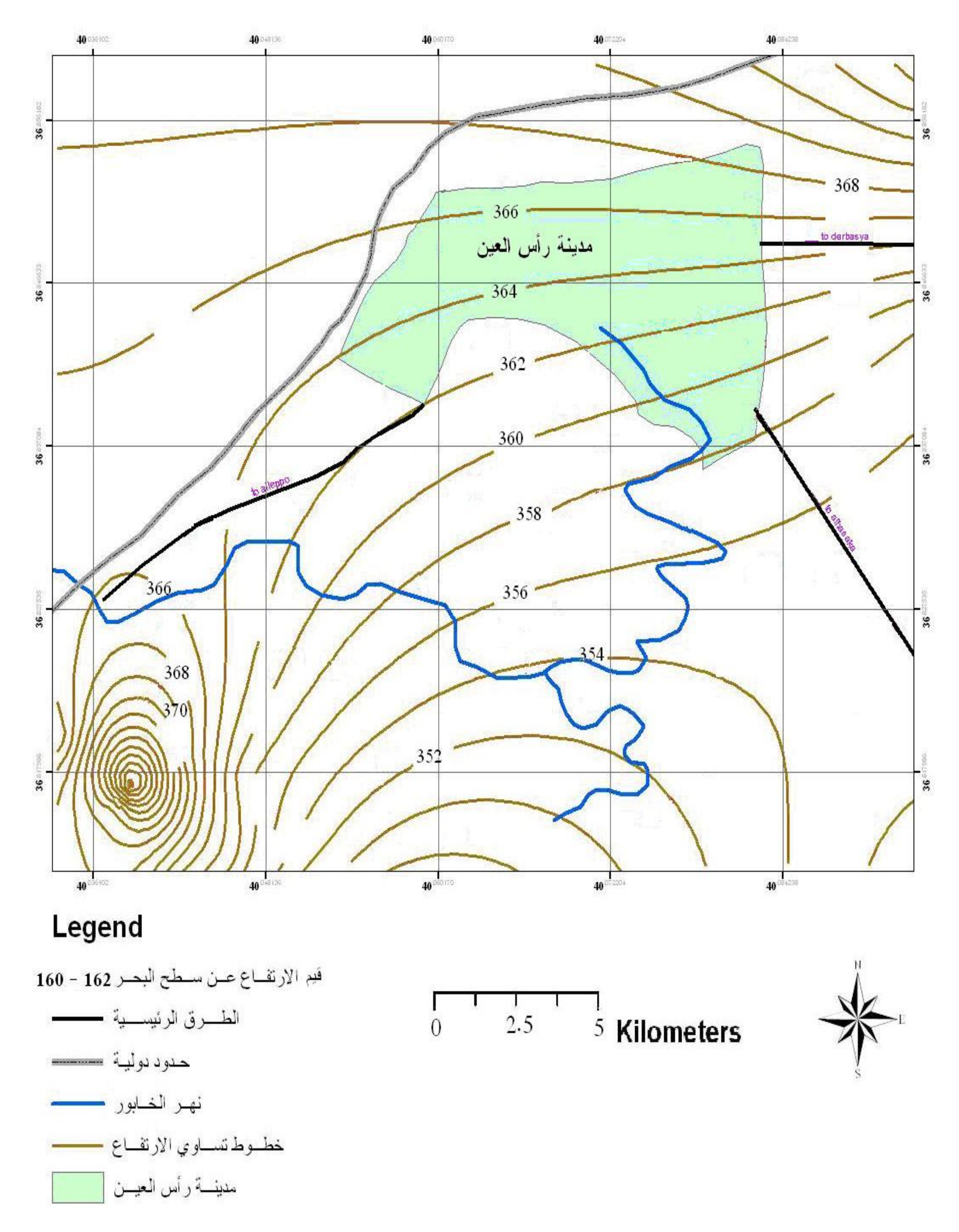
تقع مدينة رأس العين والتي شيدت على أنقاض المدينة السريانية (ريش عينو) على بعد 84 كم إلى الشمال الغربي من محافظة الحسكة على أرض سهلية تكثر حولها الينابيع وأشهرها نبع عين الزرقاء والنبع الكبريتي الذي شكل سابقا مصدر رئيسي من مصادر مياه نهر الخابور.كانت مدينة رأس العين مركزاً لحضارات قديمة مرت عليها ويدل على ذلك وجود الآثار فيها، وكانت المدينة الحالية قرية صغيرة أيام الحكم العثماني حيث مازالت فيها ثكنة عسكرية عثمانية في تل الفخيرية قرب المدينة في مكان يدعى حالياً بعين الحمام والتي كانت مركزاً للحاكم العسكري العثماني عام 1900 ثم أصبحت مركز ناحية خلال الانتداب الفرنسي على سورية وثم مركز منطقة سنة 1962 في العهد الوطني. قد توسعت عمرانياً وازداد عدد سكانها، وامتدت مساكنها من الشرق نحو الغرب بطول 4 كم وبعرض 1 كم.

يحدها شمالاً منطقة الآثار وسكة حديد قطار الشرق السريع الذي يساير الحدود التركية – السورية كما ويحدها من الجنوب منطقة الينابيع وتمتد مساكنها شرقاً على طريق الدرباسية وغرباً باتجاه طريق الرقة. شيدت مساكنها بالأحجار الكلسية والاسمنت ومعظمها من طابق واحد وحديثاً تعددت فيها الأبنية متعددة الطوابق،و أهم أحيائها: حي السوق – شركة الكهرباء – الحي الشرقي – العبرة – الثكنة – المحطة. يعمل سكانها بالزراعة المروية والبعلية وفي تربية الماشية إضافة إلى الأعمال التجارية والحرف وبخاصة صناعة السجاد وتصليح الآلات الزراعية والسيارات.

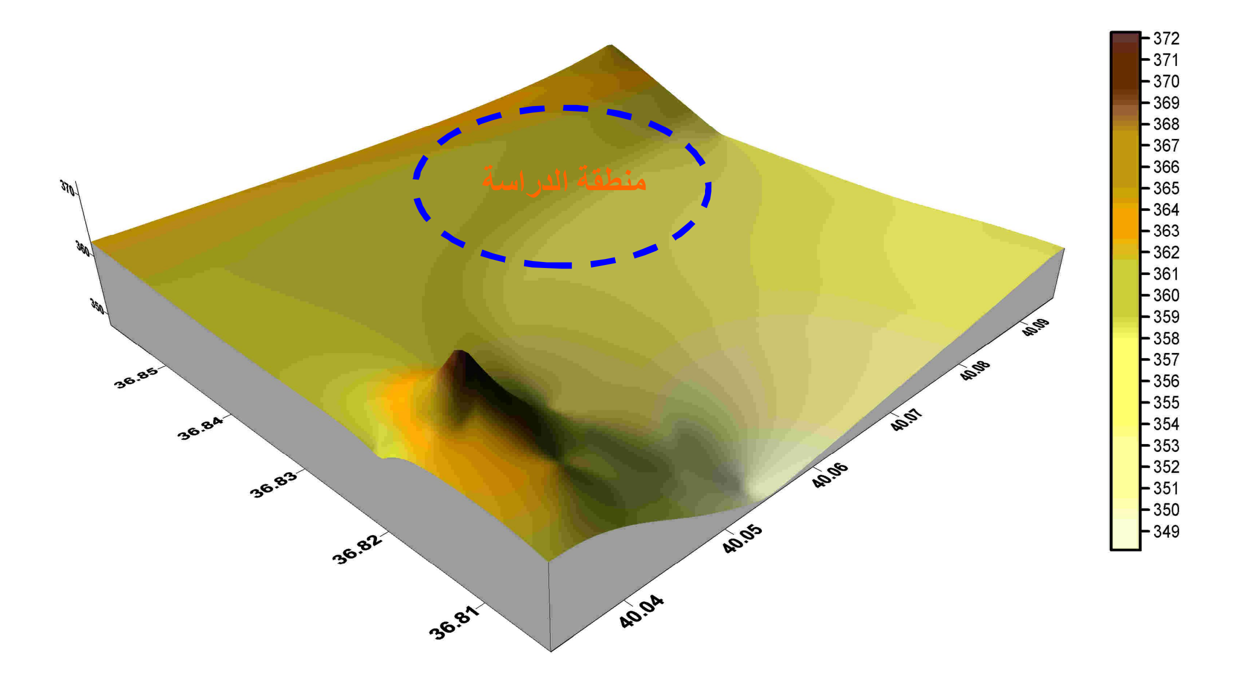
يشرب أهلها من مياه الآبار بشبكة حديثة وفيها وحدة إرشادية للسجاد وأبنية حكومية ومدارس ثانوية للبنات وأخرى للذكور ومؤسسة استهلاكية وتتبع لها 132 مزرعة[23].

2-1-1- الوضع الطبوغرافي لمنطقة الدراسة

تقع مدينة رأس العين (منطقة الدراسة) في أقصى الشمال من الجزيرة السورية العليا تحدها شمالاً تركيا وشرقاً ناحية الدرباسية وجنوباً محافظتي الحسكة و دير الزور وغرباً محافظة الرقة. تتميز مدينة رأس العين بارتفاع طبوغرافي يتراوح بين 350 . 370م عن سطح البحر مما يجعلها منطقة قليلة الانحدار وهذا بدوره يساهم في زيادة الانحلال نتيجة تسرب المياه السطحية، انظر الشكل(1). توجد فيها شبكة من المواصلات تربطها بمدن الحسكةودير الزور والرقة وحلب عبر طرق معبدة بالإضافة إلى طرق عديدة تصلها بالقرى والنواحي المجاورة كما توجد فيها شبكة اتصالات هاتفية تربطها بباقي أجزاء سورية. والمنطقة مخدمة بشبكة كهرباء وبشبكات مياه الشرب والصرف الصحي إلا أن شبكة الصرف الصحي فيها تعاني من اهتراء وتكسر في أنابيبها [23]، ويوضح الشكل (2) الخريطة الطبوغرافية كمجسم ثلاثي البعد.



الشكل(1) الخريطة الطبوغرافية المعدلة لمنطقة الدراسة



الشكل(2) مجسم طبوغرافي ثلاثي البعد لمنطقة الدراسة

2-1-2- الوضع الجيولوجي لمنطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة بالكامل ضمن نطاق الخارطة الجيولوجية رقم J-37-v.x1 للحسكة بمقياس 1:200000 شكل (3)، وتغطى منطقة الدراسة مباشرة بتوضعات الهيلفيت والتورتون [35]. لقد احتجنا في هذا البحث إلى معلومات تفصيلية عن التركيب الجيولوجي للطبقات السطحية والقريبة من السطح لذا قمنا بزيارة المدير ية العامة للموارد المائية وحصلنا منها على المعلومات المطلوبة، وحيث أن هذا البحث لا يتعلق بجيولوجية الطبقات العميقة فقد اقتصرنا على شرح الجيولوجيا السطحية لمنطقة الدراسة.

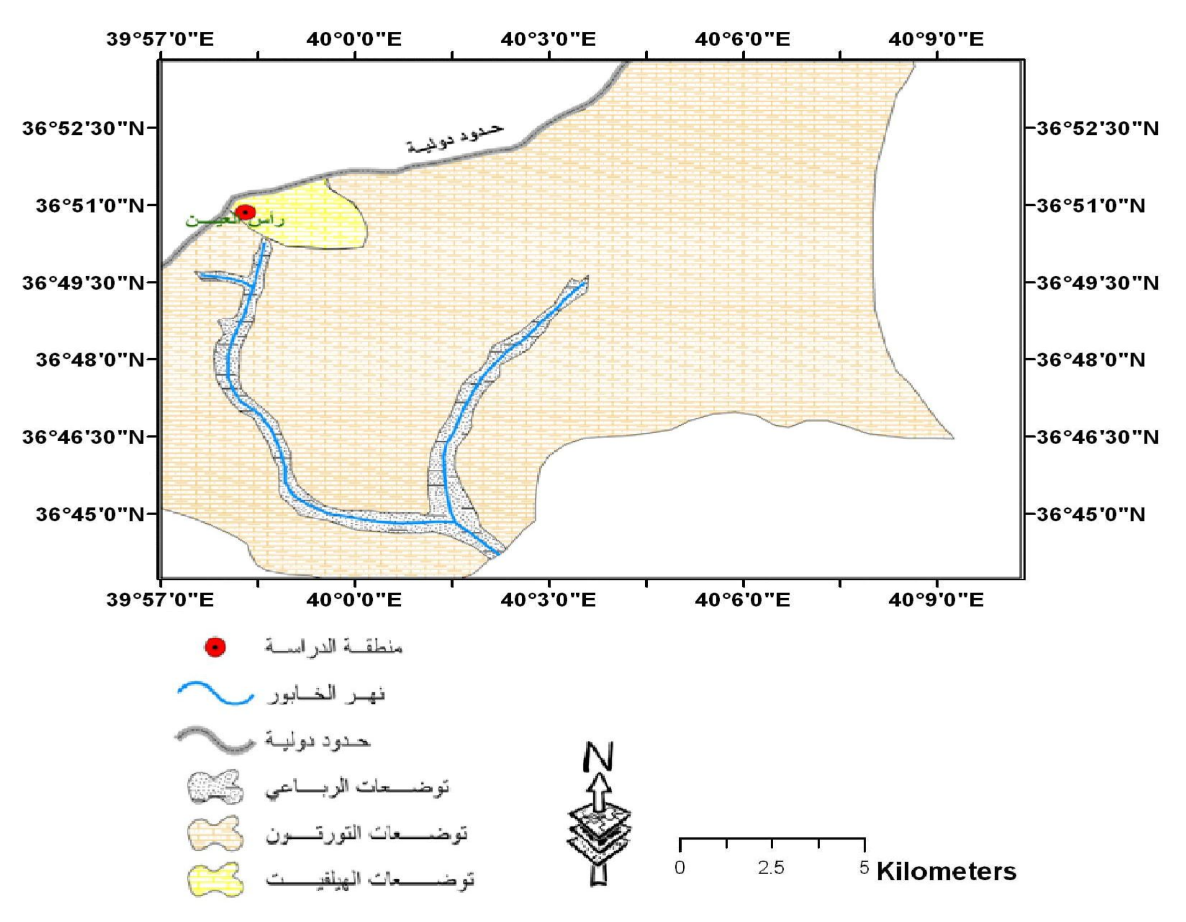
تتألف البنية الجيولوجية السطحية لمنطقة رأس العين من تشكيلات حديثة تعود إلى الرباعي الأعلى وتشكيلات غضارية – حطامية رخوة تعود إلى الرباعي الأوسط والأدنى، وكذلك توضعات بحرية صخرية باليوجينية – نيوجينية، شكل (4). تمتقسيمها من الأعلى إلى الأسفل من خلال التركيب الليتولو جي والوضع الستراتيغرافي إلى ما يلي:

2-1-2-1- توضعات الرباعي

تقسم توضعات الر باعي إلى أربع طبقات كمايلي:

- تشكيلات أليوفيالية دولوفيالية: وهي توضعات سطحية تغطي الجزء الأكبر من منطقة الدراسة وتتألف ليتالولوجيا من الغضار الرملي الذي يتحول إلى غضار ورمل غضاري في بعض المناطق، ويتميز الغضار الرملي بلونه البني والبني الرمادي إلى الأحمر والذي يحتوي أحياناً على الجص بشكل ضعيف

وأحيانا أخرى يصبح كربوناتي يحتوي حطام من الحجر الكلسي والحجر الكلسي المدلمت وكوارتز بأبعاد مختلفة ونادراً بازلت حتى20%، وتُصادف أحياناً في هذه الطبقة بللورات صغيرة من الجبس والكالسيت، و لا تتجاوز سماكة الترب أليوفيالية دولوفيالية 10 أمتار حسب معطيات الآبار المحفورة.



الشكل(3) الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة

- توضعات ألوفية: وهي توضعات حديثة لنهري الخابور الغربي والشرقي، تحتوي هذه الطبقة على توضعات حطامية رخوة تشكلت من الانهيار الكارستي لخزان عين الحسان وهي تتألف بشكل أساسي من مواد بحصية حصوية مع جلاميد صغيرة مملوءة بالغضار والطمي والرمل بنسبة تصل إلى 20–30% وتشكل عدسات وأحيانا طبيقات بسماكة تصل إلى10 م.

- توضعات الكونغلوميرا البحصية الحصوية: تشكل طبقة ضعيفة التماسك وتحتوي أحيانا مالئ كلسي – رملي حتى 20–30% وطبيقات رمل، وتُصادف هذه التشكيلات في الأقسام السريرية لنهري الخابور الغربي والشرقي وعلى أجزاء العديد من مناطق الانهيارات الكارستية وكذلك عند أساس المنحدر الشمالي لجبل تل حلبو في الأطراف الشمالية الشرقية والشرقية والجنوبية لمدينة رأس العين، وتتوضع الطبقات المذكورة أعلاه في القسم الأكبر من المساحة المدروسة على السطوح المتآكلة للصخر الأم من العمر الميوسيني.

2-1-2-2- توضعات التورتون

عبارة عن تناوبات للدولوميت الرمادي والحجر الكلسي الغضاري والغضار والمارل، ولهذه الصخور انتشار واسع في المنطقة وتشارك تقريباً في جميع حواف الانهيارات الكارستية الموجودة.

2-1-2-3- توضعات الهلفيت

وهي عبارة عن حجر كلسي رمادي فاتح ورمادي مخضر أحياناً بللوري يحتوي تشققات وأحيانا تكهفات وفجوات. يكون الحجر الكلسي غالباً ذو منشأ عضوي يلاحظ فيه تراكمات كبيرة من القواقع الصغيرة. تحتوي صخور هذه الطبقة في موقع انهيار عين الحسان على جزيئات ناعمة من الجص والكالسيت ونجد في العديد من الحالات ارتباط مكاني بين الانهيارات الكارستيةالمتشكلة و الحجر الكلسي لهذه الطبقة، ولقد تبين في هذه الطبقة أن أول منسوب للمياه الجوفية يقع على عمق حوالي12-20 م.

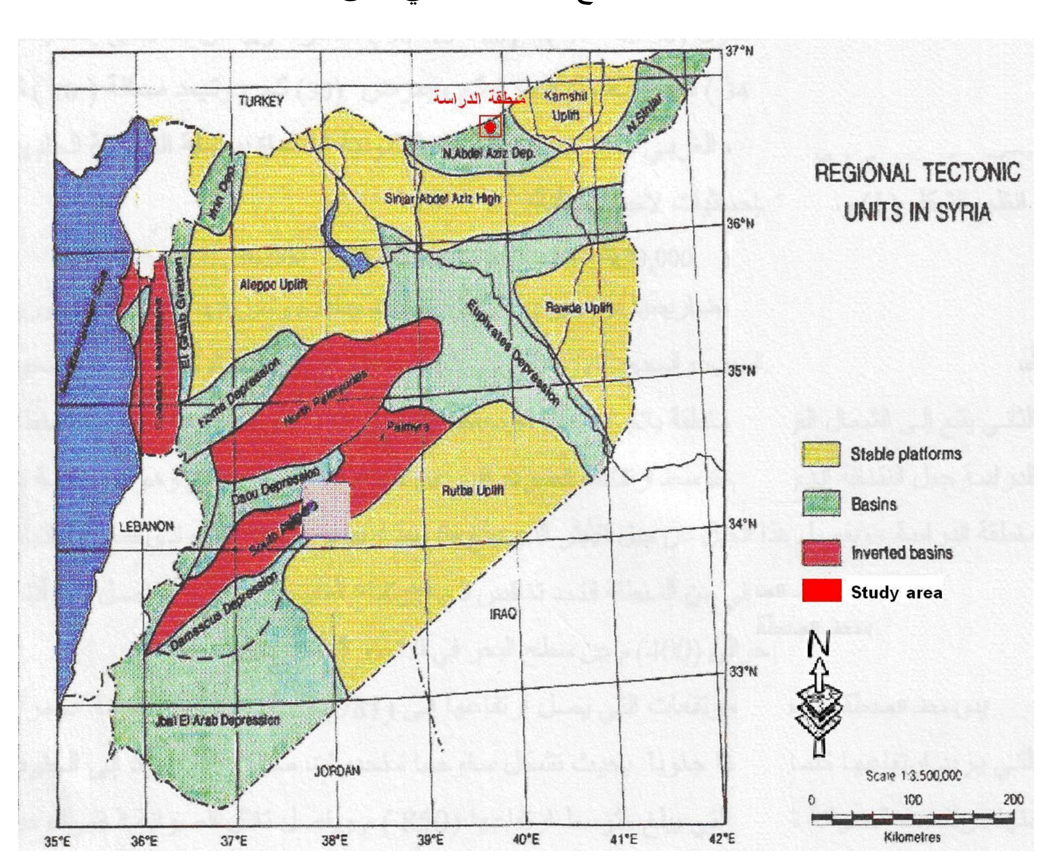
رقم الطبقة ، №	الرمز الجيولوجي	عمق السطح السفلي للطبقة، م	سماكة الطبقة، م	المقطع	توصيف الترب
1	Q3-4	1.2	1.2		١ - تربة زراعية
2		3.8	2.6		٢ - غضار كلسي وأحيانا مارل مع جص وكسارات
3+4	N_1^t	17.0	10.6		٣ - حجر كلسي أبيض متحرب ٤ - مارل رمادي اللون
5	N_1^h	19.8	9.2		٥ - حجر كلسي مشقق
6	N_1^h	29.5	9.7		٦ - حجر كلسي أبيض متحرب و مشقق

الشكل(4) المقطع الجيولوجي لمنطقة الدراسة

2-1-3- الوضع التكتوني للمنطقة المدروسة

تقع أراضي مدينة رأس العين من الناحية التكتونية في منطقة وادي ما بين نهري دجلة والخابور حيث يُصادف في المنطقة تصدعات مختلفة عبارة عن انزياحات وطيات انزياح وتعرجات، تعود هذه التشكلات إلى الصفيحة العربية والتحدب الجيولوجي الذي يشغل طرفها الشمالي. لقد أشارت الدراسات السابقة إلى وجود فالق تكتوني موضعي [18]يمر تحديداً إلى الشرق من المنطقة المدروسة إلا أنه على السطح لم يعثر على شقوق كبيرة ذات منشأ تكتوني إنما شوهد تطور واسع في الموقع لشقوق طيات مفتوحة وعريضة من خلال تصدع تكتوني عميق على امتداد الوادي المشار إليه حيث أن الشقوق هنا ناتجة عن الانحلال الشديد بالمياه الجوفية وهي غالباً تشكل فراغات أبعادها تزيد عن 30-50سم ولها امتدادات وأشكال مختلفة، ويلاحظ ذلك بشكلٍ جيد عند المنحدرات المتكشفة لانهيار عين الحسان وكذلك في التكشفات والمواقع الأخرى من الانهيارات الكارستية المجاورة.

تتلخص الصفة المميزة لهذه التوضعات الصخرية بالتشكل النشط للشقوق، وقد تعرضت لهذا التأثير طبقة الحجر الكلسي الأيوسينيوأكثر ما تُصادف هنا الشقوق الشاقولية التي تتعامد مع توضع الطبقات وهي عادةً متعامدة فيما بينها، وينطبق الاتجاه الغالب لها مع المحور الطولي للبنى الموجودة.



الشكل(5) الوحدات التكتونية في سورية[35]

تعتبر الشقوق من حيث ظروف تشكلها تكتونية وهي تنفتح في المقعرات في الأجزاء العميقة وتنغلق عند

السطح وفي الوقت نفسه تلاحظ في المحدبات صورة معاكسة، ويؤمن مثل هذا الوضع دورانية المياه الجوفية في لأجزاء العميقة من المقعرات وهذا بدوره يخلق ظروفاً مناسبة لتطور عمليات الكارست. تظهر هذه العمليات بشكلٍ جيد في الحجر الكلسي الأيوسيني والميوسيني على سطح الأرض، وهكذا فإن التصدعات التكتونية على الأراضي المدروسة موجودة باتجاهات خطوط الطول والعرض وتعتبر هذه التصدعات مهمة جداً ذلك لأنه تتحدد من خلالها ظروف حركة وتفريغ المياه الجوفية، يوضح الشكل(5) الوضع التكتوني في سوريا.

2-1-4- لمحة عن التطور الجيولوجي في سوريا عموما والمنطقة المدروسة بشكل خاص

إن دراسة الجغرافيا القديمة،وتغيراتها ضمن منطقة الدراسة في مختلف العصور الجيولوجية عن طريق وضعها في إطار أوسع يساعدنا على فهم مسألة الدراسة، فخلال الفترة التي سبقت العصر الكامبري بدأت القاعدة تتشكل ببطء ومن العصر الكامبري حتى العصر الجوراسي ضمنا أتت فروع من بحر تيتس فغمرت كثيرا أو قليلا من هذه القاعدة وتركت فوقها غطاء رسوبيا سميكا وكان المقعر الجيولوجي عندئذ يقع في الجزء الداخلي من جبال زاغروس، وفي العصر الكريتاسي ظهرت الطيات الأولى لجبال زاغروس حيث اندفعت بمحور المقعر الجيولوجي نحو الجنوب الغربي، وفي العصر الإيوسيني نشاهد آخر امتداد كبير للبحر مع بعض التراجعات المحلية الصغيرة حيث بدأ الجزء العميق من المقعر الجيولوجي بالتضيق،وفي العصر الميوسيني احتل الامتداد البحري القادم من الخليج الفارسي شريطا ضيقا بين الصحراء السورية وزاغروس ولم يتصل هذا المضيق البحري بالبحر الأبيض المتوسط إلا بشكل مؤقت بالقرب من حلب، وفي العصر الميوسيني الأعلى والعصر البليوسيني وعلى الرغم من الهبوط المستمر للقاعدة فان خليج ما بين النهرين امتلأ تدريجيا بالترسبات البحيرية ثم الترابية الشبيهة بالترسبات حول جبال الألب وقد أعطت للحركتان الكبيرتان المنشئتان للجبال في نهاية العصر البليوسيني الوضع النهائي الحالي لهذه الجبال ولم تتغير هذه الجبال بعدئذ إلا قليلا رغم تأثير جريان المياه في العصر الرباعي وهذا التاريخ الجيولوجي يصلح بشكل خاص لمنطقة ما بين النهرين ويجب تكييفه بالنسبة للجزيرة وبالتالي لمنطقة الدراسة بغية الأخذ بعين الاعتبار البعد الأكبر عن الخليج العربيوالقرب من النتوء الر أسي للقاعدة مما أدى إلى هبوط أقل عنفا والى تعبئة أكثر سرعة[18].

2-1-5- المناخ

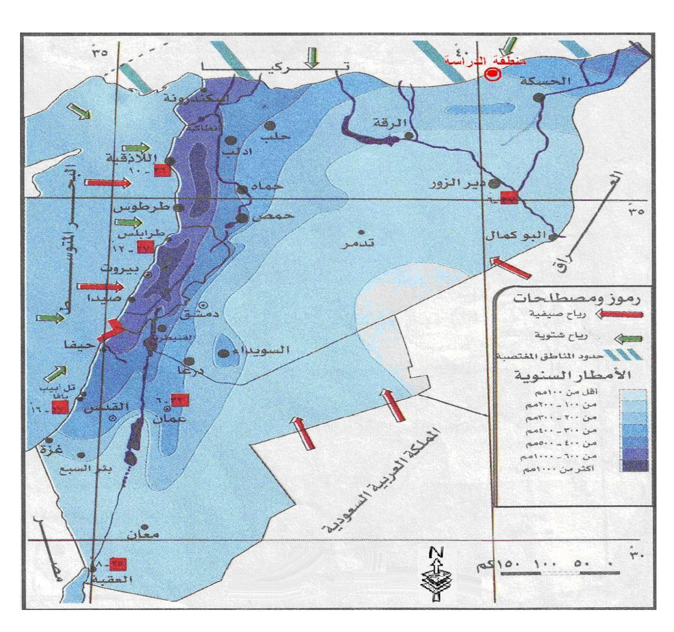
يرتبط الواقع المناخي للقطر العربي السوري بموقعه الجغرافي، حيثيقع القطر العربي السوري في الجانب الغربي من قارة آسيا مطلا على البحر الأبيض المتوسط وهو يشكل نموذجا مناخيا ذو سمات مميزة لمايعرف بالمناخ المتوسطي.

يتصف هذا المناخ بفصلية مناخية ثنائية واضحة فصيفه حار وجاف وشتاؤه مائل للبرودة وماطر في حين

يكون فصلا الربيع والخريف معتدلين على الصعيد الحراري غير أن الجو يكون فيهما غير مستقر إذ يتصف بتقلباته وبهطول كميات محدودة من الأمطار، ويلعب العامل الجغرافي من حيث مدى البعد عن البحر وارتفاع السطح دورا مهما في توزع العناصر المناخية في أرجاء القطر المختلفة ويؤدي إلى ظهور أقاليم مناخية في هذا النموذج المتوسطي وتعتبر تغيرات درجات الحرارة على مناطق القطر من أهم خصائصه المناخية لاختلاف معدلاتها من جزء إلى آخر [23].

تتحكم مجموعة من العوامل الفلكية والجغرافية في معدلات الحرارة للمناطق المختلفةو هي:

1. الموقع على خطوط العرض: وهي التي تحدد عدد ساعات سطوع الشمس من جهة وكمية الإشعاع الذي تتلقاه وحدة المساحة من جهة أخرى فالأجزاء الجنوبية من سورية أكثر حرارة من الأجزاء الشمالية، (وتقع المنطقة المدروسة بين خطي العرض 30 51 36 شمالا و 30 50 36 جنوبا).
2. الارتفاع عن سطح البحر: إن أدنى متوسط سنوي للحرارة في سورية يكون في الأجزاء المرتفعة. يلاحظ فروق كبيرة في درجة الحرارة في منطقة الدراسة حيث يبلغ المعدل الوسطي لدرجة الحرارة فيها 18.9 درجة مئوية و معدل الحرارة العظمى 32 درجة مئوية ومعدل الحرارة الصغرى 6 درجة مئوية، (تقع منطقة الدراسة على ارتفاع طبوغرافي يتراوح بين 350 . 370م عن سطح البحر).
3. البعد عن البحر: يسبب البعد والقرب من البحر حصول تباين واضح في درجات الحرارة بين المناطق المختلفة من القطر خلال فصول السنة. حيث يكون شتاء المنطقة الساحلية أدفأ من غيره ويكون صيف المناطق البعيدة عن المؤثرات البحرية هو الأكثر حرارة ويوضح الشكل(6) الواقع المناخي في سورية وبعض الدول المجاورة.



الشكل(6) الواقع المناخي في القطر العربي السوري

أما بالنسبة لمنطقة الدراسة فموقعها الجغرافي يجعلها تتمتع بمناخ مغاير نوعا ما عما يجاورها فوجود منطقة

الدراسة على الحدود التركية يخلق اختلافات مناخية محلية. مما جعلها تتمتع بمناخ نصف جاف وتتميز بقارية شديدة وفروق كبيرة في الحرارة وجفاف كامل خلال 5-6 أشهر في السنة.

بلغ معدل الهطول السنوي في المنطقة حوالي 400ملم محسوباً على سلسلة طويلة من السنوات (وفق معطيات محطة القامشلي) وقد بلغ أعلى معدل للهطول المطري فيها 467 ملم/عام.

يبلغ المعدل الوسطي لدرجة الحرارة فيها 18.9 درجة مئوية و معدل الحرارة العظمى 32 درجة مئوية ومعدل الحرارة الصغرى 6 درجة مئوية. أما معدل التبخر السنوي فيتراوح بين1300-1500 ملم.

2-2- المعطيات الأولية

2-2-1- البرامج المستخدمة في الدراسة

1- الورد(Word) في تنسيق الكتابات والرسوم.

2- الأكسل(Excel) في إنشاء المخططات والجداول.

3- معالج الصور (photo shop-7) في تنسيق الصور ومعالجتها وتنسيق المقاطع والخرائط .

4- السيرفر(Surfer-8)في إنشاء الخريطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة.

5- نظام المعلومات الجغرافي (Arc view GIS 3.2) و(Arc info.9.2) في إنشاء الخريطة الجيولوجية والتعامل مع التكهفات بشكل ثلاثي الأبعاد وإجراء عملية توجيه وإسقاط الخرائط والتعامل مع معطيات نظام تحديد المواقع العالمي والتعامل مع تغيرات الشرجبات والشرسبات مكانيا وإجراء التحليلات المكانية المختلفة.

6- مفسر الصور الفضائية (ERDAS IMAGINE 9.1) و (ERDAS IMAGINE 8.5) في تفسير ومعالجة الصور الفضائية لمنطقة الدراسة.

7- معالج الصور الفضائية (Global Mapper) في تفسير ومعالجة الصور الفضائية بالإعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي(SRTM) لمنطقة الدراسة.

8- مفسر معطيات الجيورادار (Visulizer 3D) و(Future I-160) في تفسير التسجيلات الجيورادارية وتحديد التكهفات وأبعادها بشكل ثنائي و ثلاثي الأبعاد.

2-2-2- الخرائط والمخططات والصور الفضائية المستخدمة

1- الخريطة الجيولوجية مقياس 200000/1.

2- الخريطة الطبوغرافية مقياس 50000/1.

3- المخطط الطبوغرافي لمدينة رأس العين مقياس 1/.1000

4- المخطط التنظيمي لمدينة رأس العين مقياس 1/.2000

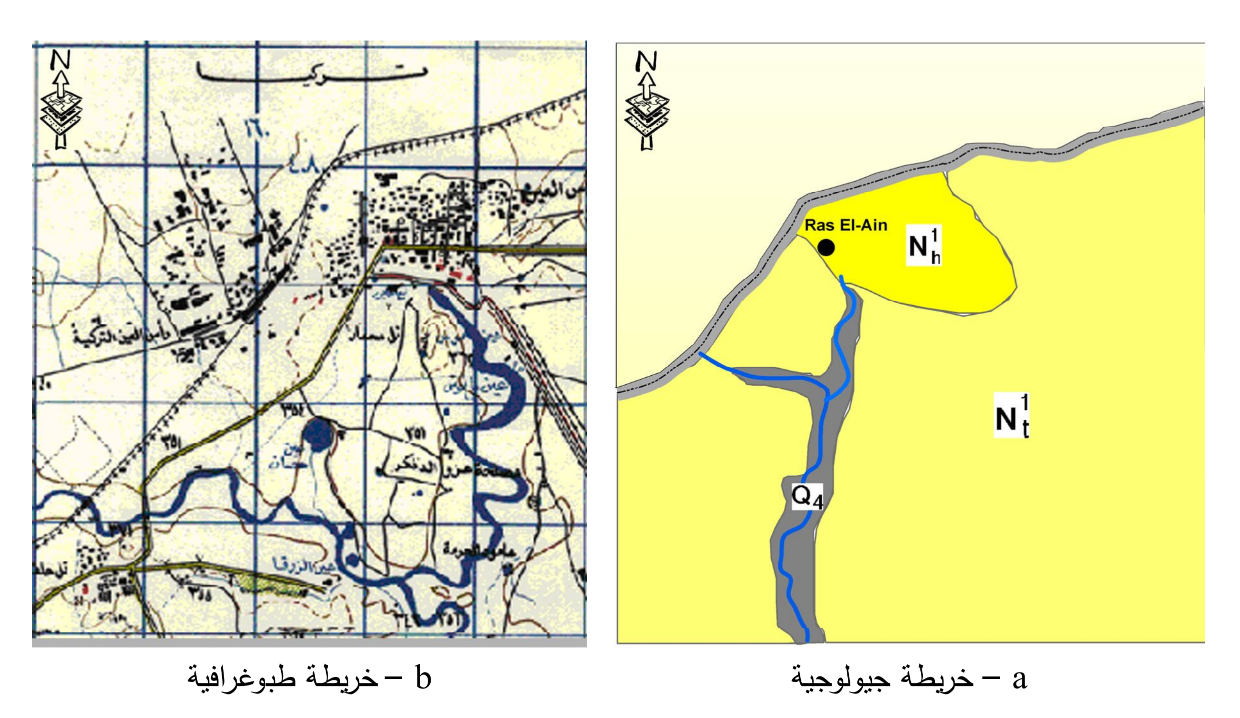
5- صورة فضائية ملونة تغطي منطقة الدراسة ومحيطها إضافة لجزء من الجانب التركي مأخوذة من التابع الصنعي TM – LANDSAT الأمريكي عام 2003.

6- صورة فضائية بانكروماتيك تغطي منطقة الدراسة ومحيطها إضافة لجزء من الجانب التركي مأخوذة من التابع الصنعي SPOT الفرنسي عام .2006

7- صورة فضائية لنموذج الارتفاع الرقمي العالمي(SRTM3) بدقة 90 متر مأخوذة من مكوك الفضاء Landivo الأمريكي عام .2000

8- صورة فضائية ملونة تغطي منطقة الدراسة ومحيطها إضافة لجزء من الجانب التركي مأخوذة من التابع الصنعي SPOT الفرنسي عام 2006.

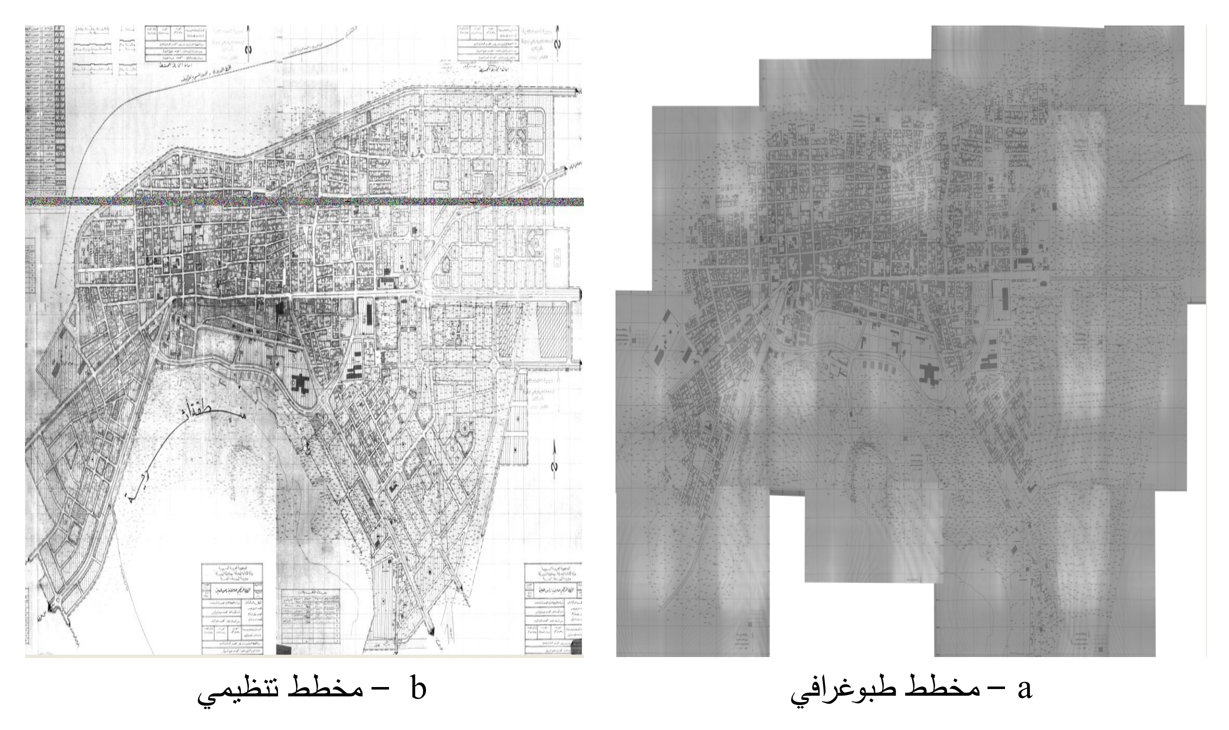
توضح الأشكال(7) و(8) و(9) و(10) و(11) الخرائط والمخططات والصور الفضائية المستخدمة في هذه الدراسة، وقد تم الحصول على الصور الفضائية من مركز البحوث العلمية والهيئة العامة للاستشعار عن بعد.



b – خريطة طبوغرافية

a – خريطة جيولوجية

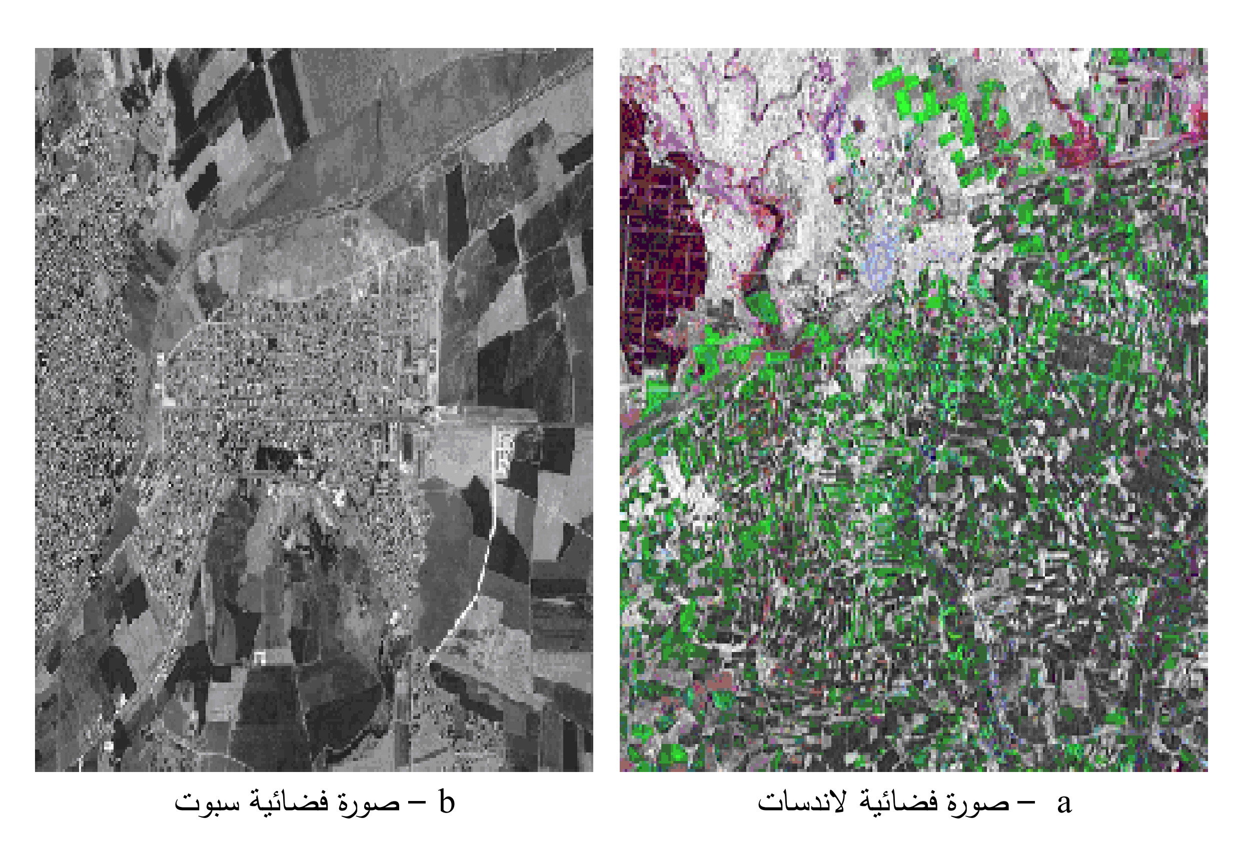
الشكل(7)الخريطتين الجيولوجية والطبوغرافية المستخدمتان في الدر اسة



b – مخطط تنظيمي

a – مخطط طبوغرافي

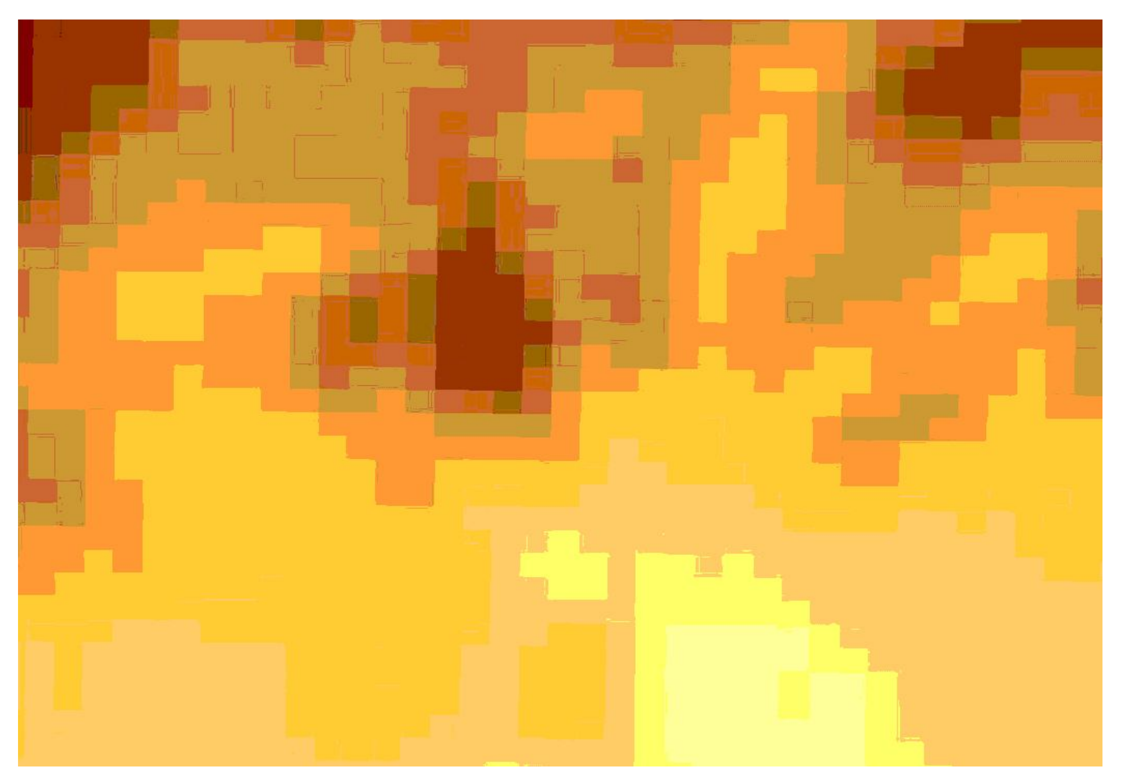
الشكل(8) المخططين التنظيمي والطبوغرافي لمنطقة رأس العين



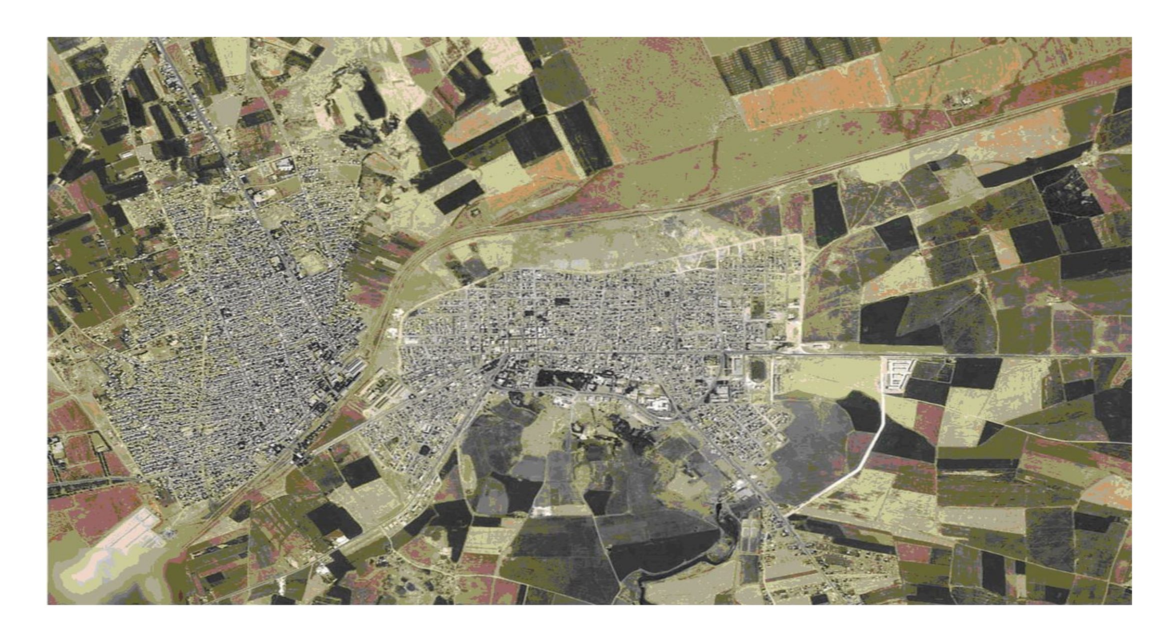
b – صورة فضائية سبوت

a – صورة فضائية لاندسات

الشكل(9) صورتين فضائيتين لاندسات وسبوت لمنطقة رأس العين



الشكل(10) صورة فضائية لنموذج الارتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة



الشكل(11) صورة فضائية سبوت لمنطقة الدراسة

الفصل الثالث

الكارست في منطقة الدراسة وعلاقته بالتركيب الكيميائي لمياهها

3-1- الكارست في منطقة الدراسة

تطلق كلمة كارست على مناطق الصخور المؤلفة من الحجر الكلسي أو الدولوميت التي تنشأ فيها التكهفات والفجوات المرتبطة ارتباطا وثيقا بعملية التحلل الصخري [36].

لقد ساهمت ظروف معينة بتشكل الكارست في منطقة الدراسة أهمها:

- كثرة الشقوق الأولية والفواصل في الصخور الكلسية.
- انخفاض منسوب المياه الجوفية السطحية مما سمح للمياه السطحية باختراق الطبقات الكلسية وتشكيل أودية نهرية فيها.
- هطول أمطار غزيرة خلال فترات زمنية قصيرة.
- النشاط البشري (الري بالغمر- التسرب من قنوات مياه الشرب والصرف الصحي- حركة الآليات...الخ).
- وجود غطاء نباتي يؤمن تركيز عالي لغاز ثنائي أوكسيد الكربون مما يساهم في تشكيل مياه حامضية والتي بدورها تساعد على زيادة الانحلال.

إن توفر الظروف السابقة في منطقة الدراسة أدى إلى نشوء مظاهر كارستية مميزة من أشهرها الدولينات (Sinkholes) حيث لاحظنا أنها من أكثر الظواهرالكارستيه انتشارا و اختلافا فيما بينها من حيث المساحة والعمق والشكل.

لقد قسمنا البالوعات وفقا لطريقة تشكلها في منطقة الدراسة إلى نوعين:

1- دولينات الإذابة (Dolines) وهي دولينات واسعة الانتشار وصل عمق بعضها إلى 15 متر وتفاوت اتساعها بين عدة أمتار وعشرات الأمتار وقد أخذت أشكال الأقماع المستديرة حيث اتسعت في الأعلى وتضيقت في الأسفل، شكل(12).

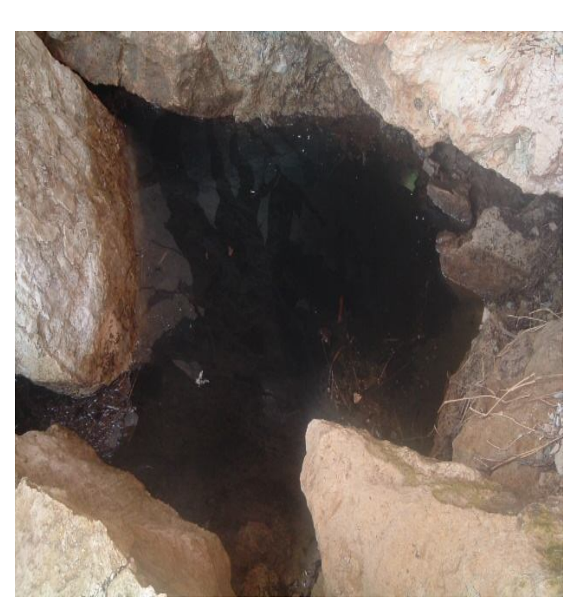




الشكل(12) مثال لدولينات الاذابة في منطقة الدراسة

2- دولينات انهدامية (Collapse Sinks) تكونت هذه الدولينات نتيجة انهيار الصخور الكلسية السطحية بعد تآكل الصخور المتوضعة فوقها، وتتميز دولينات الانهدام عن دولينات الاذابة بشدة انحدار جوانبها ووجود صخور مماثلة للصخور السطحية في قيعانها، والشكل(13) يمثلها.





الشكل(13) مثال لدولينات الانهيار في منطقة الدراسة

سبق وجود بالوعات الاذابة والانهدام في بعض أراضي منطقة الدراسة تشكل الكهوف الكارسيتة (Caves) والتي تعتبر ممرات طبيعية وهي على شكل فجوات أو فتحات ذات امتداد أفقيوأ ر أسي في الصخور الكلسية، وتختلف الكهوف الكارسيتة فيما بينها من حيث أعماقها بالنسبة لسطح الأرض ومن أهم العوامل التي تحدد المظهر الجيومورفولوجي العام لها هي اتجاهات الفوالق والشقوق ومدى كثافتها، الشكل(14).



الشكل(14) مثال للتكهفات الكارستية في منطقة الدراسة

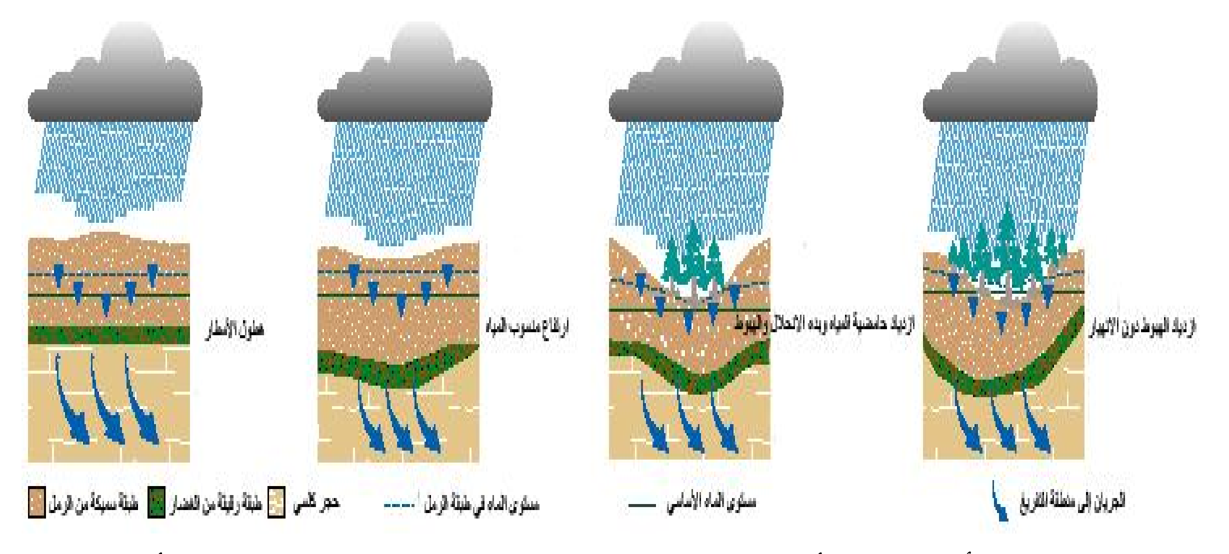
3-2- طرق تشكل الفجوات والهبوطات في المنطقة المدروسة

أثر استثمار المياه الجوفية في منطقة رأس العين على تشكل التكهفات والانخفاسات بشكل كبير، فضخ المياه الجوفية من الطبقات الحاملة أدى إلى استنزاف مياهها وحصول انخفاسات وانهيارات في سطح الأرض وتغيير في طبيعة توضع المياه الجوفية حيث استثمرت وتستثمر مياه الحامل المائي من عمر الهيلفيت- أيوسين من عدد كبير من الآبار المحفورة في الجانبين السوري والتركي وبتصاريف عالية نسبيا فقد بلغ حجم الاستثمار في الأراضي السورية وحدها حوالي /828.5/ مليون م3/سنة[19]، أما حجم الاستثمار ضمن الأراضي التركية فهو غير معروف.

لقد أدى انخفاض منسوب المياه الجوفية في حوض رأس العين إلى انخفاض الضاغط البيزومتري في الحوض، مما أوقف جريان ينابيع هذه المنطقة والتي تعتبر من النوع الصاعد، وحسب معطيات مديرية الموارد المائية في الحسكة فقد بدأت منذ عام 1980- 1981 تصاريف ينابيع رأس العين بالانخفاض وفي عام 1998 توقفت الينابيع عن الجريان للمرة الأولى لعدة أيام، وتكرر ذلك فيما بعد ولفترات أطول في أواخر عام 1999 وأوائل عام 2000 رغم توقف عدد من الآبار الخاصة عن الاستثمار من هذه الينابيع ولقد خلق هذا التوقف والجريان بيئة صالحة لتوسع وتشكل الكارست.

بعد دراستنا للكارست في المنطقة وضعنا السيناريو التالي المؤلف من أربعة نماذج:

1- يؤدي هطول الأمطار إلى حدوث هبوطات تدريجية في سطح الأرض ولاسيما في مناطق الترب الزراعية المتوضعة فوق طبقة غضارية رقيقة كما هو موضح في الشكلين (15) و(16).

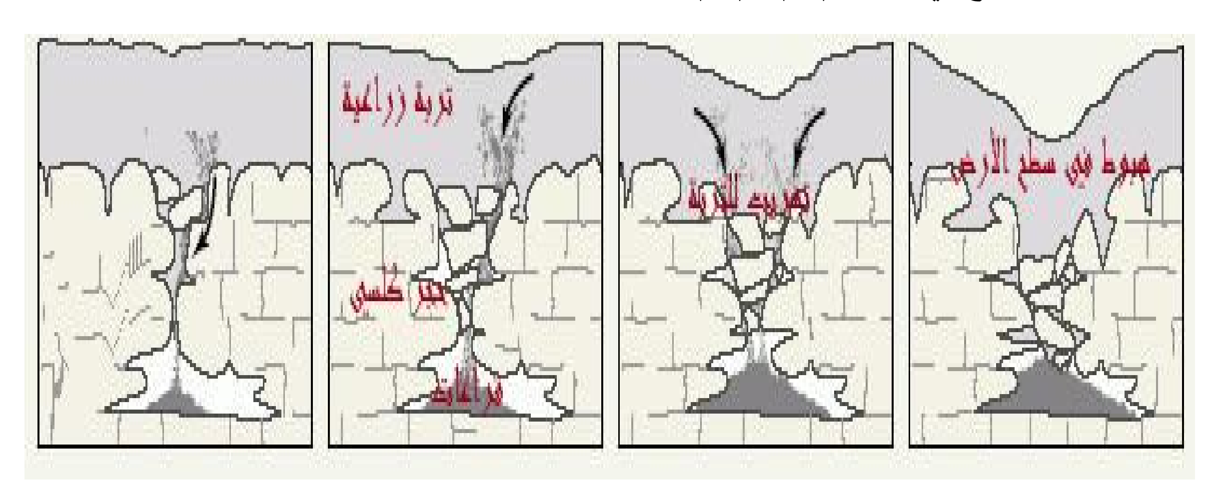


الشكل(15) تأثير هطول الأمطار مع وجود النباتات على حدوث الهبوطات في سطح الأرض



الشكل (16) هبوط تدريجي حدث في منطقة الدراسة نتيجة هطول الأمطار

2- أدت حركة المياه السطحية المتسربة في الصخور الكلسية المشققة إلى انحلالها كما أدت إلى انجراف المواد الرخوة من الأقنية الكارستية القديمة والحديثة وبالتالي إلى هبوط تدريجي للتربة السطحية المتوضعة فوقها كما هو موضح في الشكلين(17) و(18).

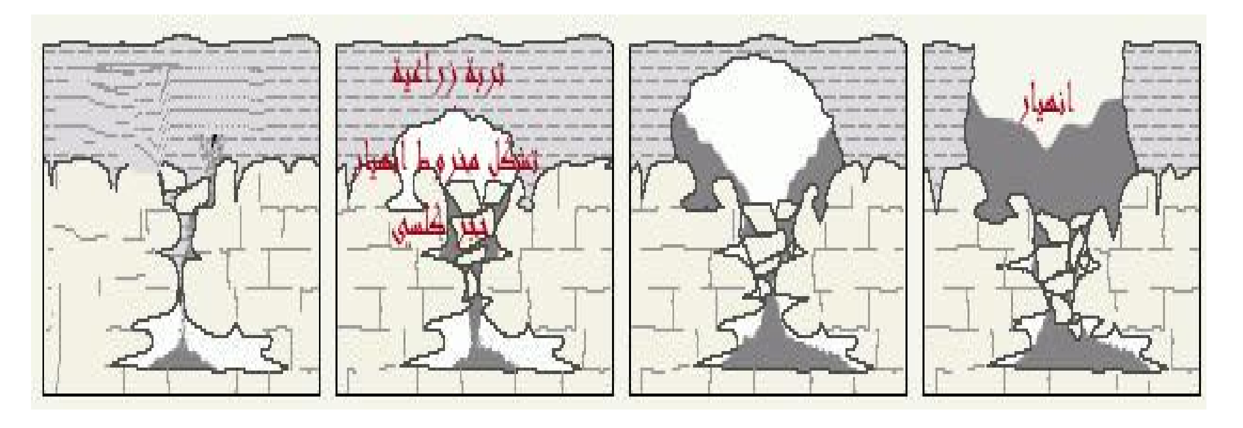


الشكل(17) تأثير انحلال الصخور الكلسية وتهريب المواد المنحلة على حدوث الهبوطات في سطح الأرض



الشكل(18) هبوط تدريجي حدث في منطقة الدراسة نتيجة حركة المياه

3- أدت حركة المياه السطحية المتسربة في الصخور الكلسية المشققة إلى انحلالها كما أدت إلى انجراف المواد الرخوة من الأقنية الكارستية القديمة والحديثة دون أن يؤدي ذلك إلى هبوط تدريجي للتربة السطحية المتوضعة فوقها مما نتج عنها انهيارات مفاجئة وخطيرة وأكثر مالاحظنا ذلك في شوارع منطقة الدراسة وتحت منشآتها كما هو موضح في الشكلين(19) و(20).



الشكل(19)تأثير انحلال الصخور الكلسية وتهريب المواد المنحلة على حدوث الانهيارات و الانخفاسات في سطح الأرض



الشكل(20) انخفاس مفاجئ في منطقة رأس العين

4- أدت العوامل ذات المنشأ البشري (الضخ الكثيف للمياه الجوفية، تسرب المياه من أنابيب مياه الشرب والصرف الصحي، حركة الآليات..الخ) إلى تسريع عمليات الانحلال وانتقال الترب المتوضعة في الأعلى إلى فراغات الانحلال الموجودة سابقا مما أدى إلى تسريع عمليات تهريب التربة وحدوث الانخفاسات كما هو موضح في الشكلين(21) و(22).



الشكل(21) أحد الانخفاسات في منطقة الدراسة نتيجة تسرب مياه الصرف الصحي




إنبوب الصرف الصحي الأول مغلق و مكسور




إنبوب الصرف الصحي الثاني مغلق و مكسور




الماء يخرج من الأنبوب إلى الحفرة التي شكلها مع الزمن تسرب المياه

الشكل(22) تأثير تسرب مياه مجارير الصرف الصحي على انحلال الصخور الكلسية وتهريب المواد المنحلة وبالتالي حدوث الانهيارات و الانخفاسات في سطح الأرض

3-3- نتائج الانخفاسات وتأثيرها على المنشآت البشرية

لحسن الحظ، لم تؤدي الانخفاسات الكارستية في منطقة الدراسة إلى ضحايا بشرية، إلا أنها أدت إلى خسائر مادية تمثلت في:

1- تخريب الطرقات، حيث انخفست الشوارع في عدة مواقع (شارع البلدية- شارع السجن- شارع المدرسة الصناعية- شارع حديقة تشرين...الخ)، الشكل(23).

2- تحطيم جزئي وأحيانا كلي لأنابيب مياه الشرب والصرف الصحي في عدة مناطق من المدينة(الشارع المقابل لمركز البلدية- محيط شعبة التجنيد- محيط مؤسسة المياه)، الشكلين(21) و(22).

3- تشققات في المنازل والأبنية الحكومية (شعبة التجنيد- السجن-مدرسة كيفورك)، الشكل(24).

الشكل(23) انخفاسات وانهيارات نتج عنها تدمير لأجزاء كبيرة من بعض الشوارع



الشكل(24) تشقق أدى إلى فصل أحد أعمدة البناء عن السقف في مدرسة كيفورك

لقد قمنا جصر عدد من الانهيارات و الانخفاسات والهبوطات التي حدثت في منطقة الدراسة وتحديد عمق كل منها وقطر المخروط الذي أحدثته ووضعناها في الجدول التالي، جدول(1).

الموقع وعدد الانهيارات	قطر المخروط عند سطح الأرض(م)	العمق(م)	الموقع وعدد الانهيارات	قطر المخروط عند سطح الأرض(م)	العمق(م)
عين الحسان(1)	360−40	13-12	مخبز المدينة(1)	3	4
عين الحسان(8)	2−1	2−1	حديقة تشرين(3)	15−5	12−8
شارع الانجيلية(1)	5−4	6−5.5	حديقة المدينة(3)	2−1	3−1
شارع سعد زغلول(1)	8−7	6−5.5	مطعم سيروب(10)	2−0.5	2−1
مقبرة المدينة(4)	2−1	2−1	محطة الانطلاق(2)	9−3	8−3
مقابل مبنى البلدية(3)	14−8	10−5	امتداد شارع البلدية(8)	5−1	2−0.5
مدرسة الرازي(1)	3	2	مدرسة الخابور (2)	4−3	5−4
شارع السجن(1)	2	2	شارع السوق(3)	2−0.5	1.5−0.5

الجدول (1) مواصفات أبعاد بعض الانخفاسات في منطقة رأس العين

3−4− دراسة علاقة التركيب الكيميائي للمياه الجوفية بتشكل الكارست

هناك العديد من المعطيات الهيدروكيميائية التي تبين ازدياد معدنية المياه الجوفية بسبب الضخ الجائر من جهة وبسبب النشاط البشري من جهة ثانية [27]. وقد أخذنا هذه العو امل بعين الاعتبار من خلال التحاليل المتوفرة لبعض العينات المائية المأخوذة من آبار موزعة في مناطق مختلفة من مدينة رأس العين والتي تمت من قبل مديرية الموارد المائية في الحسكة عام 2006.

لقد بينت الدراسة المرجعية [32] عن دور زيادة نسب تراكيز شوارد المغنزيوم والكالسيوم في تشكل الكارست، وهذا انطبق على نتائج بحثنا حيث قمنا علاقة التركيب الكيميائي للمياه الجوفية بتشكل الكارست وفق الخطوات التالية:

1− قمنا بانشاء جدولين(2) و(3) لقيم تراكيز شوارد الشرسبات (NO3- HCO3- SO4- CL) ورسمنا مخططات بيانية توضح العلاقة بين النسب المئوية لتراكيز هذه الشوارد مع مواقع قطف عيناتها ووضعناهما على الشكلين(25) و(26).

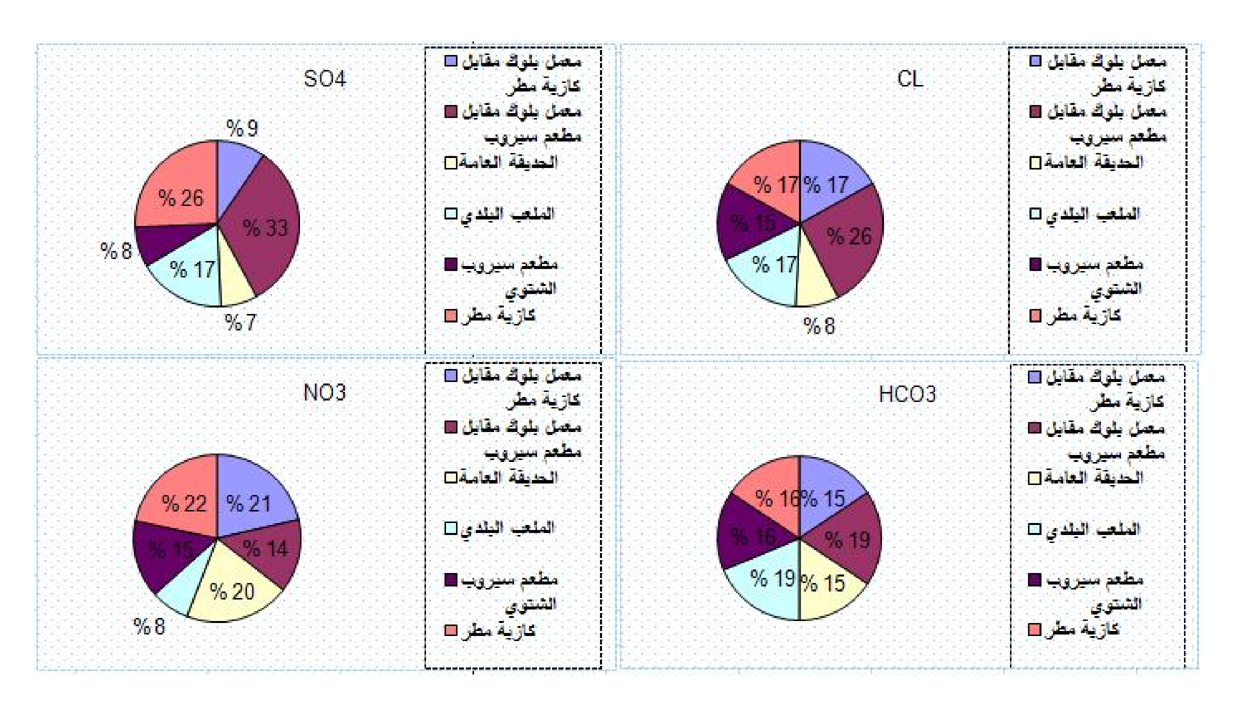
2− قمنا بحساب قيم تراكيز شوارد الشرجبات (Mg - K- Ca- Na) ووضعناها في الجدولين (3) و(4)، ثم قمنا برسم المخططات البيانية الموافقة لها والتي توضح العلاقة بين النسب المئوية لتراكيز هذه الشوارد مع مواقع قطف عيناتها ووضعناهما على اللأشكال(25) و(26) و(27) و(28).

3- وضعنا جدول لقيم تراكيز شوارد الشرجبات والشرسبات التالية (HCO3- SO4- Mg- Ca) وحددنا إحداثيات الآبار التي أخذت منها عينات تحليل هذه الشوارد ووضعناه في الجدول(5) ثم رسمنا خرائط خطوط تساوي تراكيزها: الأشكال (29) و(30) و(31) و(32).

4- قمنا بوضع جدول لقيم تراكيز شوارد الشرجبات والشرسبات التالية (Ca - NO3- HCO3- SO4- CL)- الجدول(6)، ثم رسمنا مخططات بيانية تبين تغير تراكيز هذه الشوارد خلال أشهر السنة الشكلين(33) و(34).

الموقع	شوارد الشرسبات Mg/l			
	CL	SO4	HCO3	NO3
معمل بلوك مقابل كازية مطر	35.5	61	152.5	6.64
معمل بلوك مقابل مطعم سيروب	53.5	210	183	4.4
الحديقة	17.75	46	152.5	6.32
الملعب البلدي	35.5	110	183	2.32
مطعم سيروب الشتوي	32	51	152.5	4.65

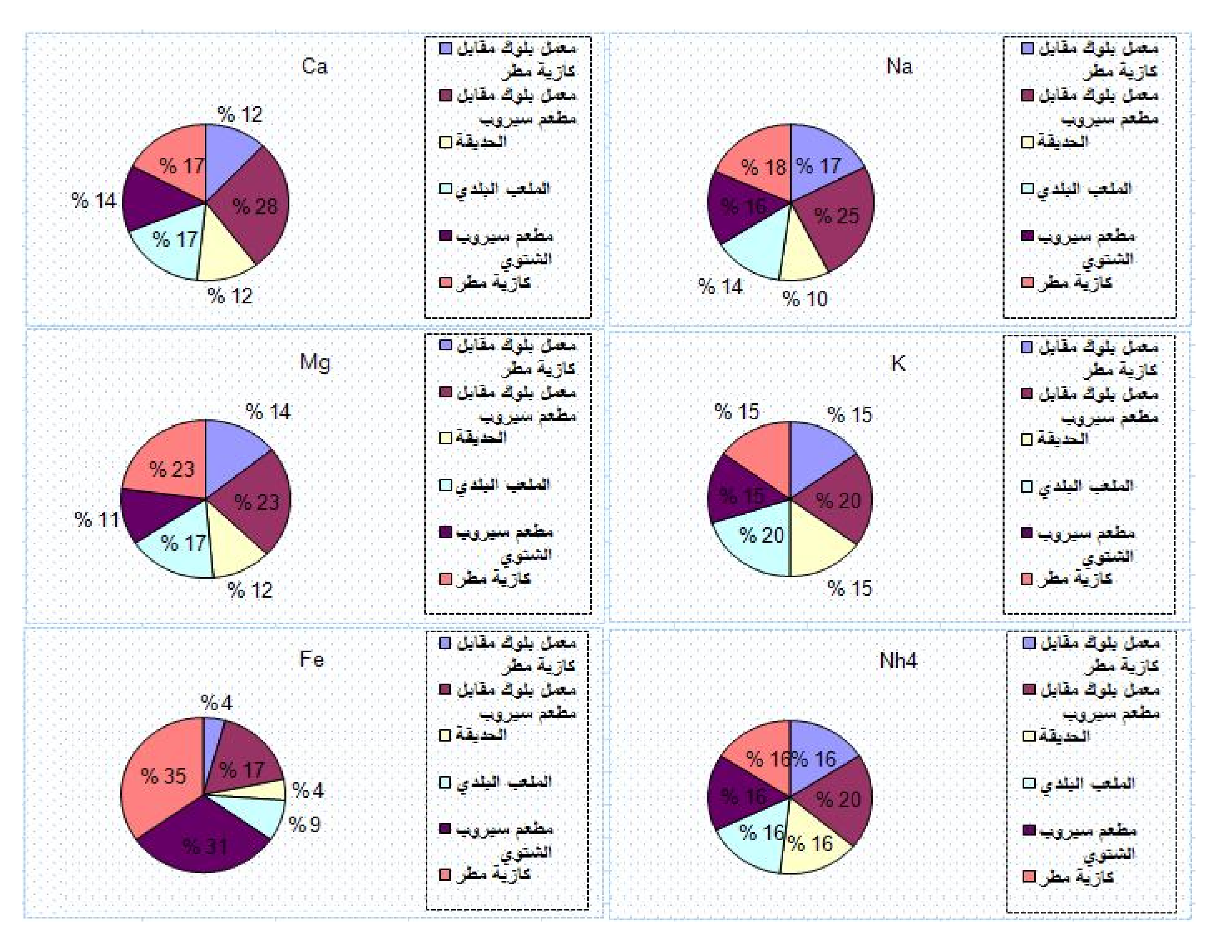
الجدول(2) مواقع أخذ العينك مع قيم تر اكيز الشرسبات فيها



الشكل(25) المخطط البيانيقيم تر اكيز الشرسبات

شوارد الشرجبات Mg/l				
Mg	K	Ca	Na	الموقع
30.4	0.3	35	18.5	معمل بلوك مقابل كازية مطر
48.64	0.4	80	26.5	معمل بلوك مقابل مطعم سيروب
24.32	0.3	35	10.4	الحديقة
36.48	0.4	50	14.5	الملعب البلدي
24.32	0.3	40	16.5	مطعم سيروب الشتوي

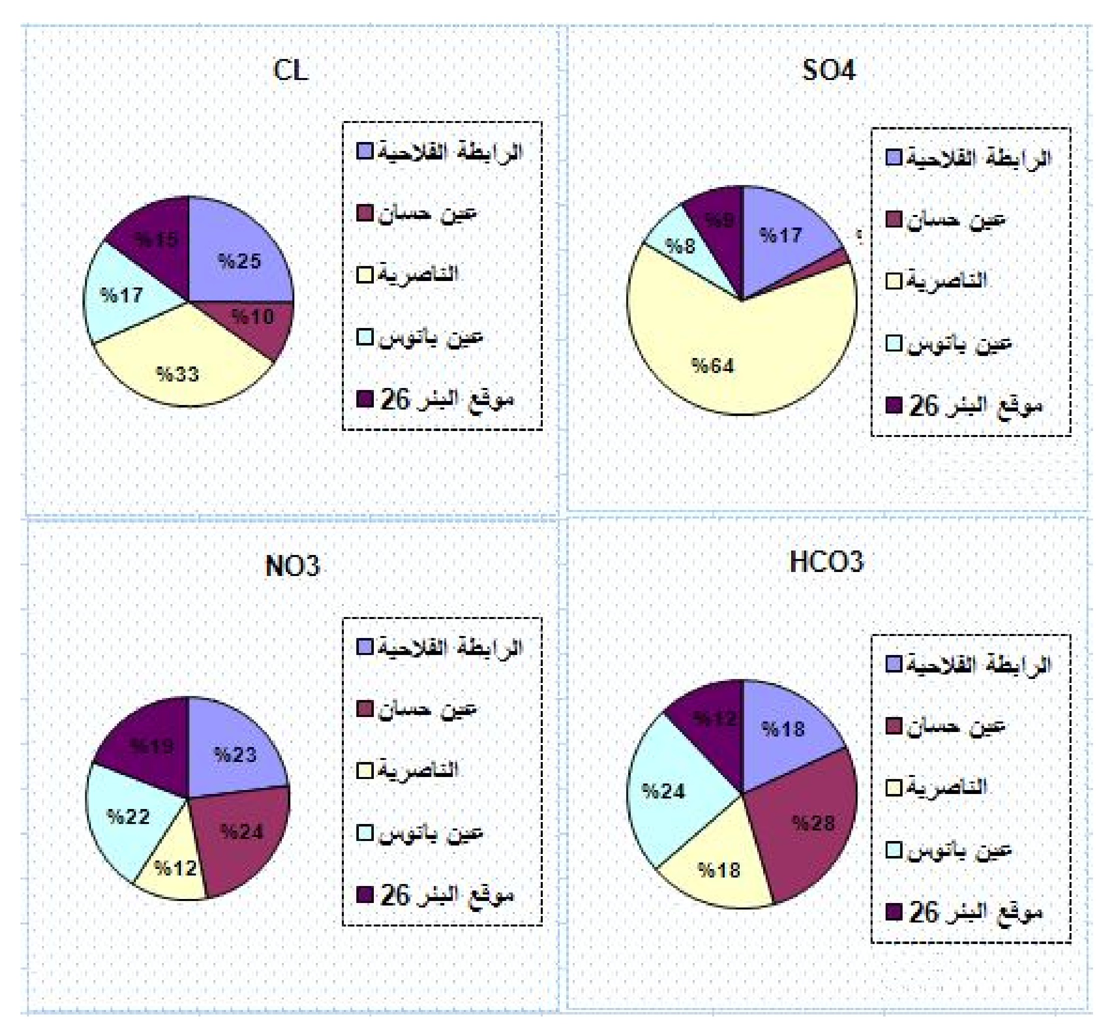
الجدول(3)مواقع أخذ العينات مع قيم تر اكيز الشرجبات فيها



الشكل(26)المخطط البيانيقيم تر اكيز الشرجبات

شوارد الشرسبات Mg/l				
NO3	HCO3	SO4	CL	الموقع
8.42	183	331	106.5	الرابطة الفلاحية
8.8	274.5	42	41	عين حسان
4.48	183	1225	142	الناصرية
8	244	146	71	عين بانوس
7	122	170	63	موقع البئر 26

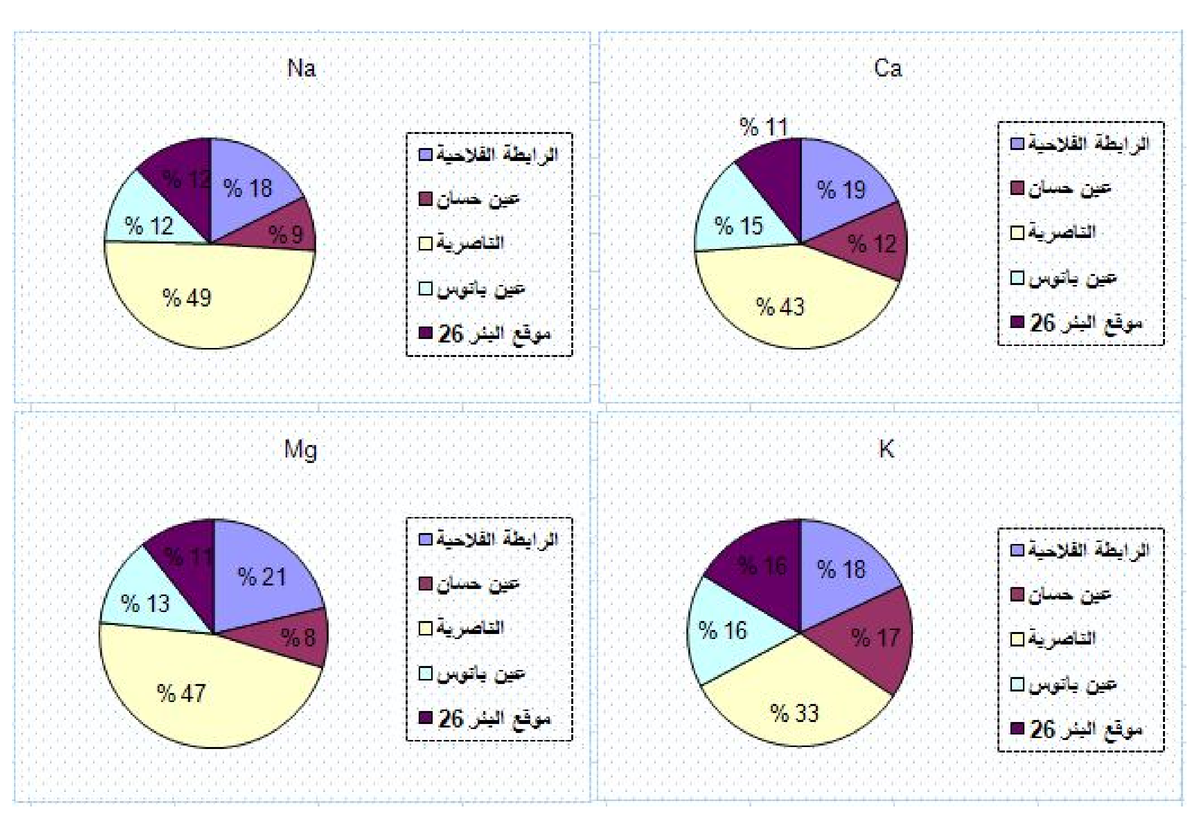
الجدول(4)مواقع أخذ العينات مع قيم تر اكيز الشرسبات فيها



الشكل(27)المخطط البيانيقيم تر اكيز الشرجبات

شوارد الشرجبات Mg/l				
Mg	**K**	**Ca**	**Na**	**الموقع**
60.8	1.1	120	47.5	الرابطة الفلاحية
24.32	1	80	22.8	عين حسان
133.76	2	280	133	الناصرية
36.49	1	100	33	عين بانوس
30.4	1	70	33.25	موقع البئر 26

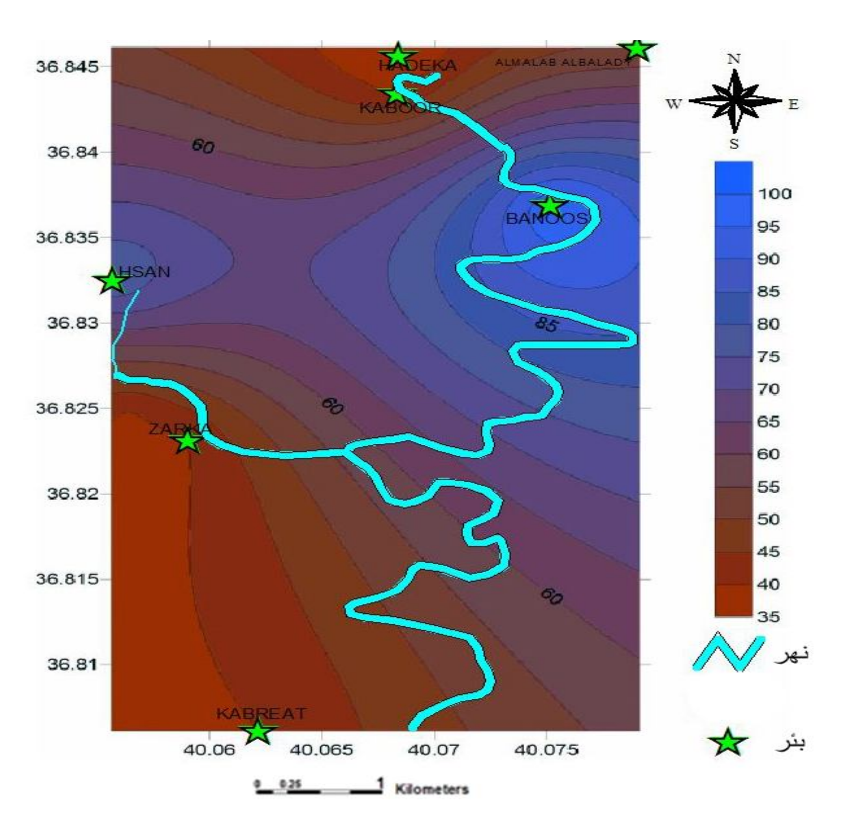
الجدول(5)مواقع أخذ العينات مع قيم تر اكيز الشرجبات فيها



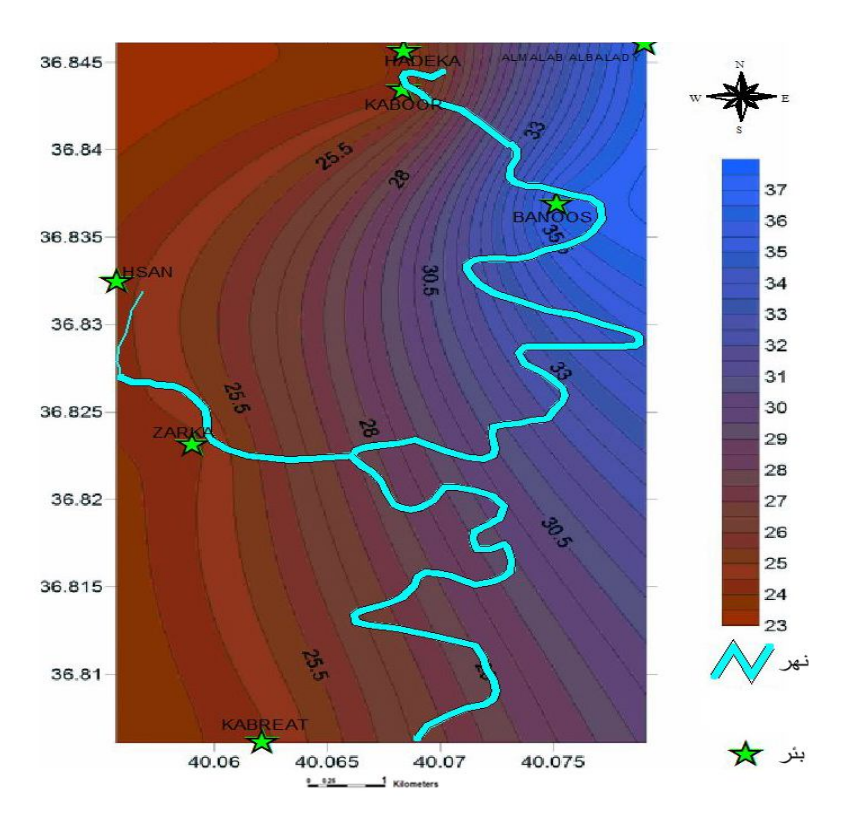
الشكل(28)مخطط البياني لقيم تر اكيز الشرجبات

Hco3	So4	Mg	Ca	WELL NAME	Y_COORD	X_COORD
244	146	36.49	100	BANOUS	36.83694	40.07523
274	42	24.32	80	HSAAN	36.83252	40.05566
152.5	46	24.32	35	HADEAKA	36.84569	40.06843
183	110	36.48	50	ALMALAB	36.84614	40.07911
152.5	51	24.32	80	SEROOP	36.84349	40.06836

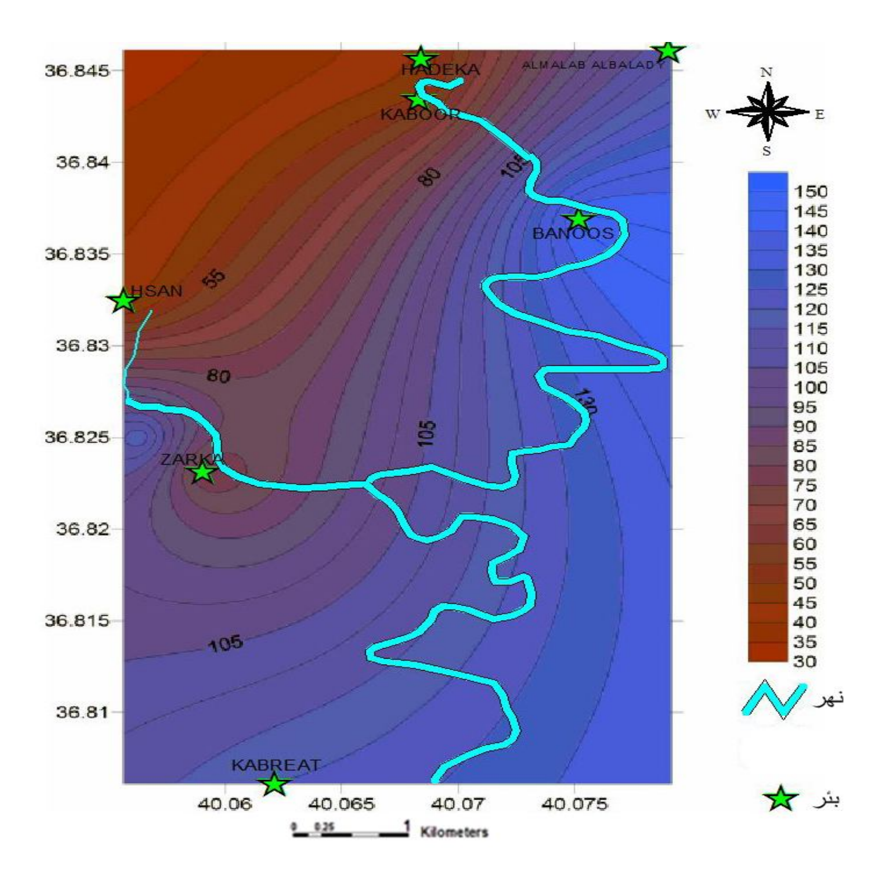
الجدول(6) مواقعأخذ العينات مع قيم تر اكيز الشرجبات والشرسبات فيها مع إحداثيات هذه المواقع



الشكل(29) خريطة خطوط تساوي المناسيب لشوارد(Ca)

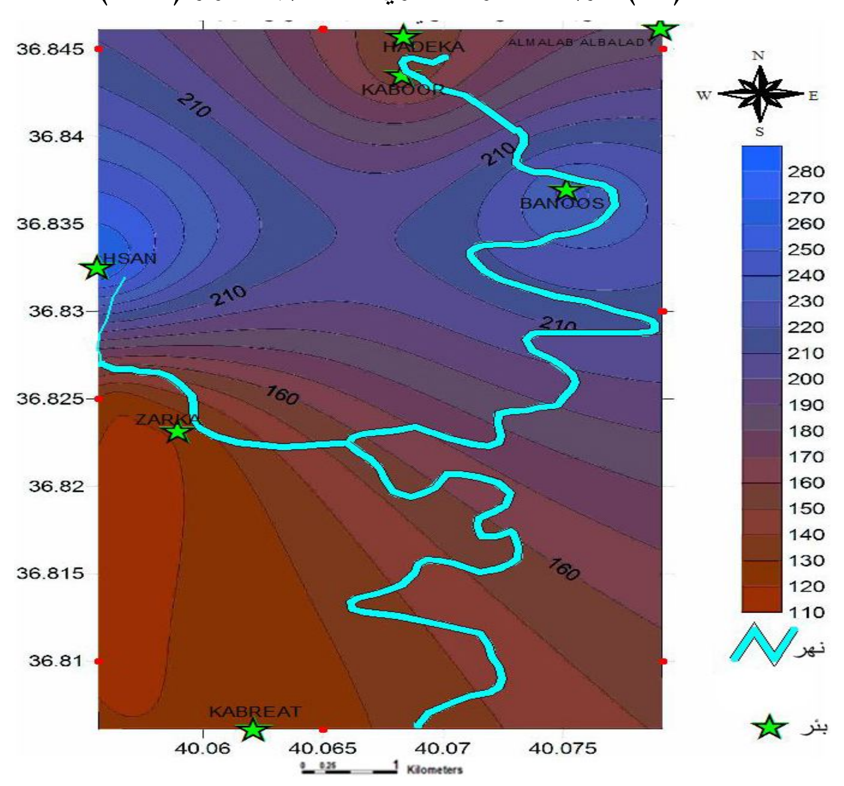


الشكل(30) خريطة خطوط تساوي المناسيب لشوارد(Mg)



الشكل(31) خريطة خطوط تساوي المناسيب لشوارد(SO4)

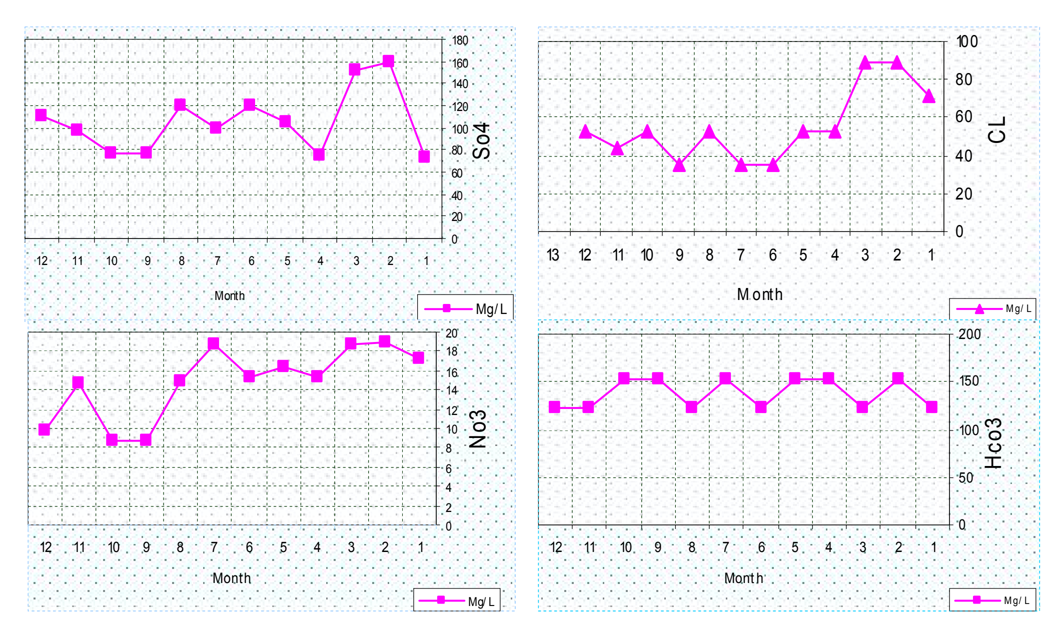




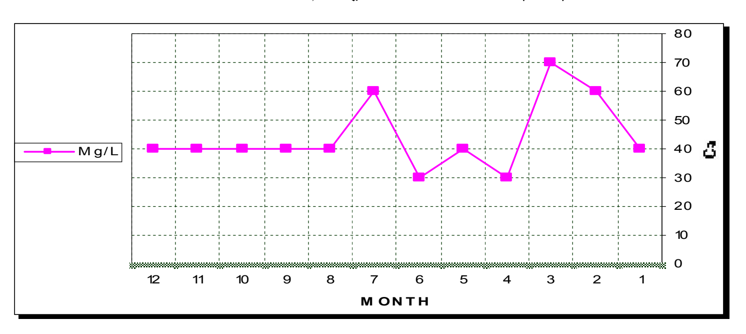
الشكل(32) خريطة خطوط تساوي المناسيب لشوارد(HCO3)

Anions&Cations_Mg/L						Location
Ca	NO3	HCO3	SO4	CL	Month	
40	17.32	122	74	71	1	Ain-Alzarka
60	18.97	152.5	160	88.75	2	
70	18.72	122	152.5	88.75	3	
30	15.4	152.5	75	53.25	4	
40	16.28	152.5	105	53.25	5	
30	15.4	122	120	35.5	6	
60	18.76	152.5	100	35.5	7	
40	14.96	122	120	53.25	8	
40	8.8	152.5	76	35.5	9	
40	8.8	152.5	77	53.25	10	
40	14.69	122	98	44.37	11	
40	9.84	122	110	53.25	12	

الجدول(7)موقع أخذ العينات مع تر اكيز الشرسبات والشرجبات على مدار عام 2006



الشكل(33)المخطط البيانيلقيم تر اكيز الشرسبات



الشكل(34) مخطط بيانيتلغير قيم تر اكيز شوارد(Ca) على مدار عام 2006

النتيجـة: قمنا بتفسير ماوضعناه من جداول سابقة ومن مخططات بيانية وخرائط تساوي القيم للشوارد المختلفة، وحددنا العلاقة بين نتائج تحليل العينات المائية ومواقع اقتطافها، وأتبعنا ذلك بزيارات حقلية إلى مواقع هذه العينات، للوقوف على مدى تأثير النشاط البشري ودوره المساعد على تشكل واتساع هذه التكهفات وحصول الانخفاسات وتوصلنا إلى مايلي:مناسيب وغير ذلك وبدراسة العلاقة المكانية لعينات التحليل المائية بالمواقع التي قطفت منها كما قمنا بزيارة هذه المواقع لتحديد مدى تأثير النشاط البشري على عمليات الانحلال وتشكل التكهفات وحصول الانخفاسات وقد تبين مايلي:

1- وجود تفاوت كبير في قيم الشرسبات والشرجبات مع تغير الموقع حيث ظهرت القيم الأكبر للشرسبات والشرجبات في معمل البلوك ومطعم سيروب، وذلك بسبب ضخ المياه الجوفية بشكل متواصل من الآبار وتسرب المياه السطحية التي يخلفانها إضافة لأعمال السقاية ووجود فالق مار في تلك المنطقة من جهة أخرى، مما زاد من وتيرة انحلال الصخور كما أدى لاحقا إلى تشكل شقوق وتكهفات كبيرة بالقرب من هذين الموقعين.

2- اكتشاف عدد كبير من الفجوات بالقرب من معمل البلوك ومطعم سيروب، انظر الشكل(35) ويعود السبب في ذلك إلى انحلالية الصخور نتيجة الضخ الكبير للمياه الجوفية وا إعادة تغلغل المياه عن طريق السقاية.



الشكل(35) أشكال للشقوق بسبب تأثير السقاية وضخ المياه في مطعم سيروب

3- أدت السقاية المستمرة للأعشاب المزروعة في الملعب البلدي إلى زيادة انحلالية الصخور وبالتالي إلى تشكل تكهفات جديدة فيه.

4- ظهر في كل من بئري الرابطة الفلاحية والناصرية تركيز عالي لشوارد (Mg-Ca-SO4)، انظر الجدول(5) بسبب الحركة المستمرة للمياه في الاتجاهين الأفقي والشاقولي نتيجة الضخ الجائر للمياه الجوفية منهما وتغلغل مياه الري في هذين الموقعين.

5- توزعت القيم العالية لتراكيز الشرجبات والشرسبات في الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية والجنوبية ووسط مدينة رأس العين بسبب توزع آبار مياه الشرب والري في هذه الأجزاء من جهة ووجود تسرب للمياه من أنابيب مياه الشرب والصرف الصحي إضافة إلى استخدام أسلوب الري بالغمر من جهة ثانية.

6- تبين وجود علاقة واضحة بين زيادة تراكيز الشرسبات والشرجبات وبين الأشهر التي يتم فيها ري الأراضي الزراعية.

7- يعتبر الري بالغمر أحد العوامل المساعدة في حدوث الانحلال الكارستي وبالتالي حدوث الانخفاسات وهذا ما حدث فعلا في منطقة (أصفر نجار) حيث تشكل انخفاس كبير في تلك الأرض الزراعية نتيجة الري بالغمر، انظر إلى الشكل(36).



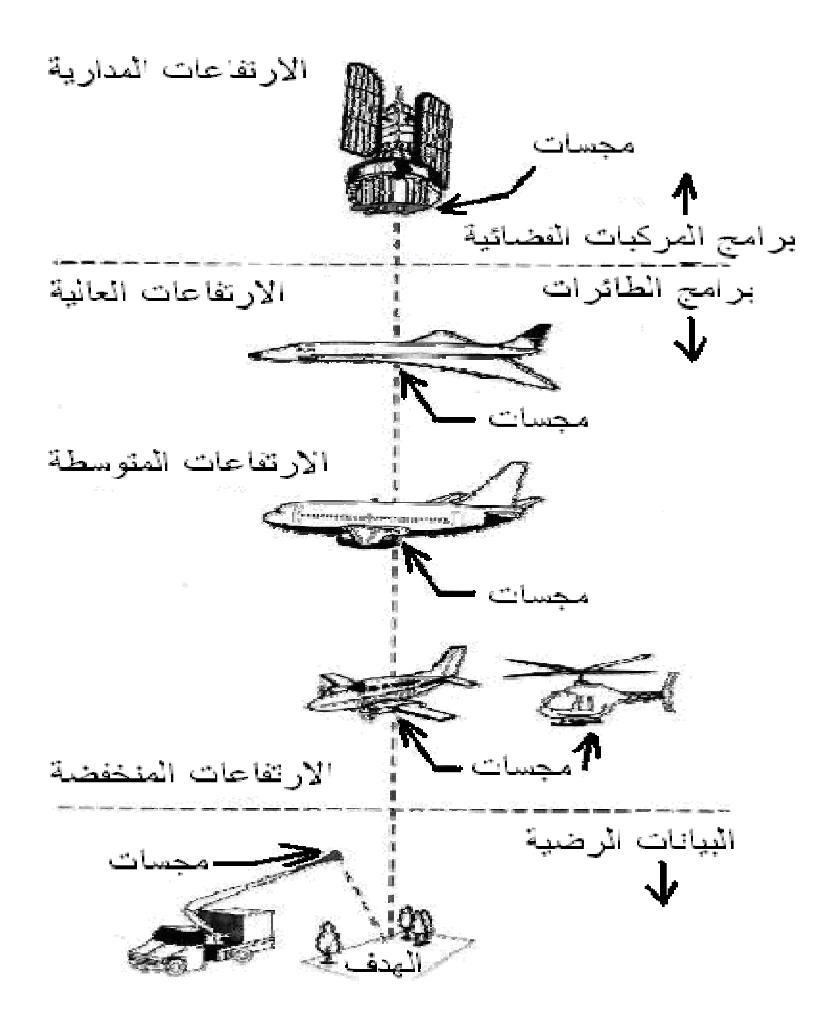
الشكل(36) انخفاس في أرض أصفر نجار الزراعية نتيجة الري بالغمر

الفصل الرابع

استخدام تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة في الاستدلال على بعض التكهفات والتشققات في منطقة الدراسة

استخدام تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة في الاستدلال على بعض التكهفات والتشققات في منطقة الدراسة

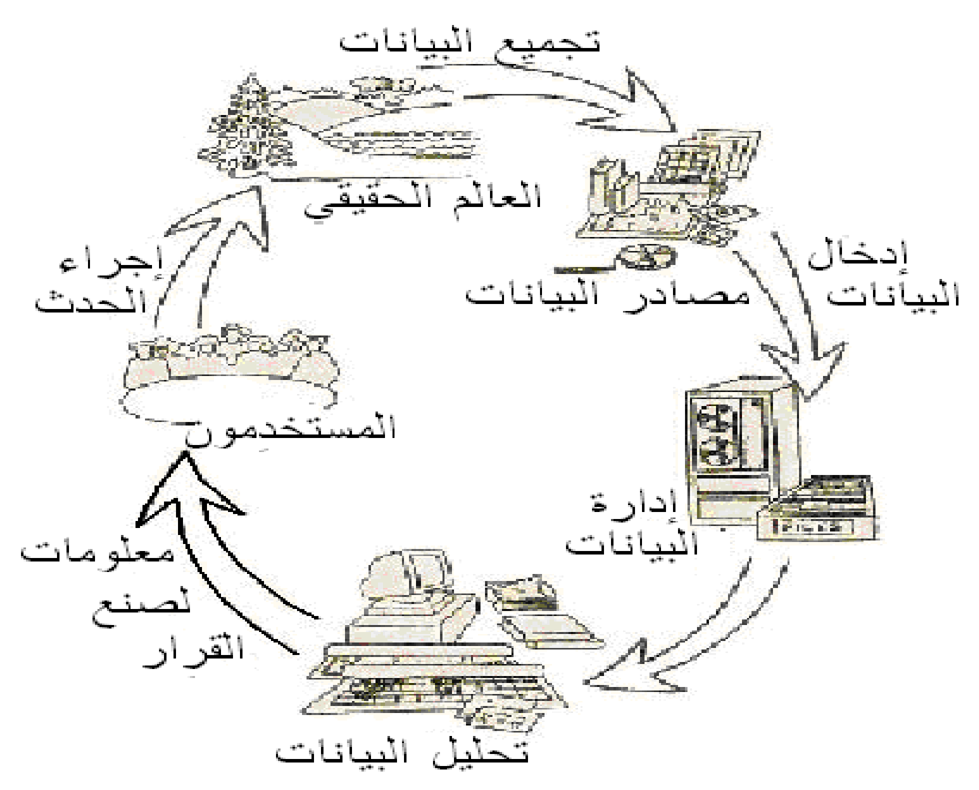
يعد الاستشعار عن بعد Remote Sensing تقنية متقدمة للحصول على معطيات حول جسم ما أو ظاهرة دون الحاجة إلى أي تماس فيزيائي مع هذا الجسم أو تلك الظاهرة، وذلك بواسطة أجهزة إلكترونية أو ضوئية مركبة إما على رافعة أو منطاد أو على طائرات ذات ارتفاع منخفض أو متوسط أو عالي أو توابع صنعيه أو مركبات فضائية مأهولة أو غير مأهولة، ثم ترسل المعطيات الاستشعارية إلى محطات الاستقبال الأرضية، حيث تعالج بواسطة الحاسب وطبقا لأنظمة وبرامج خاصة يتم تقديمها إما على شكل صور فضائية أو أشرطة مغنطيسية CCTS أو أقراص ليزرية CD- ROM. وللحصول منها على المعلومات تحلل إما بصريا أو عن طريق الحواسب والبرامج الجاهزة (المعالجة الرقمية)، ويكون الناتج بشكل خرائط غرضية أو معلومات إحصائية أو تقارير وصفية [1]، ومن ثم توزع على المستثمرين أو متخذي القرار للاستفادة منها في التنمية والتخطيط، شكل(37).



شكل(37) منصات مختلفة الارتفاع تحمل أجهزة الاستشعار عن بعد [2]

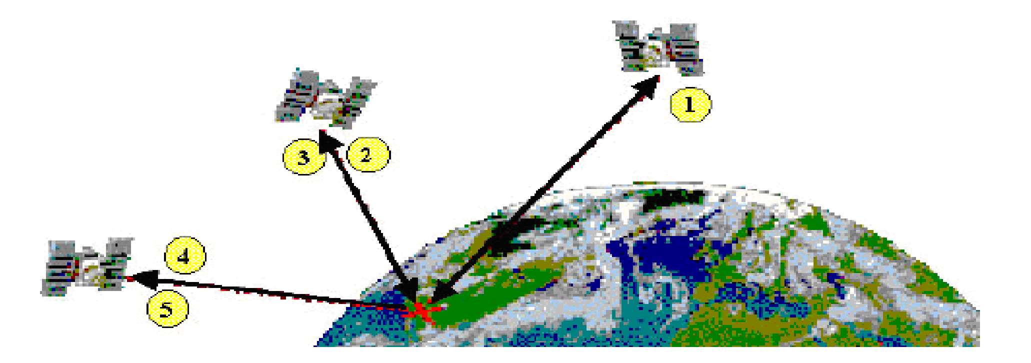
ويرفد الاستشعار عن بعد مجموعة من النظم أهمها:

1- **نظام المعلومات الجغرافية** GIS والذي يعد وسيلة تعتمد على استخدام الحاسب الآلي في تجميع ومعالجة وعرض وتحليل البيانات المرتبطة بالمواقع الجغرافية لاستنتاج معلومات ذات أهمية كبيرة في اتخاذ القرارات المناسبة، وهي تجمع بين عمليات الاستفسار والاستعلام (Query) الخاصة بقواعد البيانات (Data base) مع إمكانية المشاهدة والتحليل والمعالجة البصرية للبيانات الجغرافية المأخوذةمن الخرائط و الصور الفضائية والصور الجوية[10]. هذه الميزة تجعلها متاحة لكثير من التطبيقات العامة والخاصة لتفسير الأحداث وحساب المؤشرات ووضع الاستراتيجيات، يوضح الشكل(38) خطوات تحصيل البيانات وتحليلها وصنع القرارات.



الشكل(38) خطوات تحصيل البيانات وتحليلها وصنع القرارات [16]

2- **نظام تحديد المواقع العالمي** (GPS) والذي يعتبر نظام ملاحي يقوم بتحديد المواقع على سطح الأرض اعتمادا على إمكانية تحديد المسافة الفاصلة بين سطح الأرض ومجموعة من الأقمار الصناعية التي تمثل نقاط مرجعية (Reference Points) بالنسبة لمستخدمي النظام، حيث يتم استخدام تقنية حسابات المثلثات (Trigonometry) بالاعتماد على ثلاثة أقمار صناعية تساعد في تثليث الموقع على سطح الأرض وقمر رابع يعد نقطة افتراضية يساهم في تحديد الموقع الدقيق لمكان الراصد [33]. ويوضح الشكل(39) طريقة عمل نظام تحديد المواقع GPS.



الشكل(39) طريقة عمل نظام تحديد المواقع GPS [33]

تتلخص عملية تحديد موقع ما من سطح الأرض باستخدام نظام تحديد المواقع بالخطوات التالية:

1. استخدام المسح المثلثي (التثليث) من الأقمار الصناعية أساس تحديد المواقع.
2. يقوم نظام تحديد الموقع بقياس المسافات الزمنية التي تستغرقها إشارة الراديو.
3. استخدام ساعات ذات دقة عالية لقياس الوقت اللازم لقطع هذه المسافة.
4. بعد معرفة المسافة إلى القمر الصناعي فإنه يلزم معرفة موقعه في الفضاء.
5. يتأخر انتقال إشارة نظام تحديد المواقع خلال طبقات الجو العليا (الأيونوسفير) والغلاف الجوي القريب من سطح الأرض (التريوسفير).

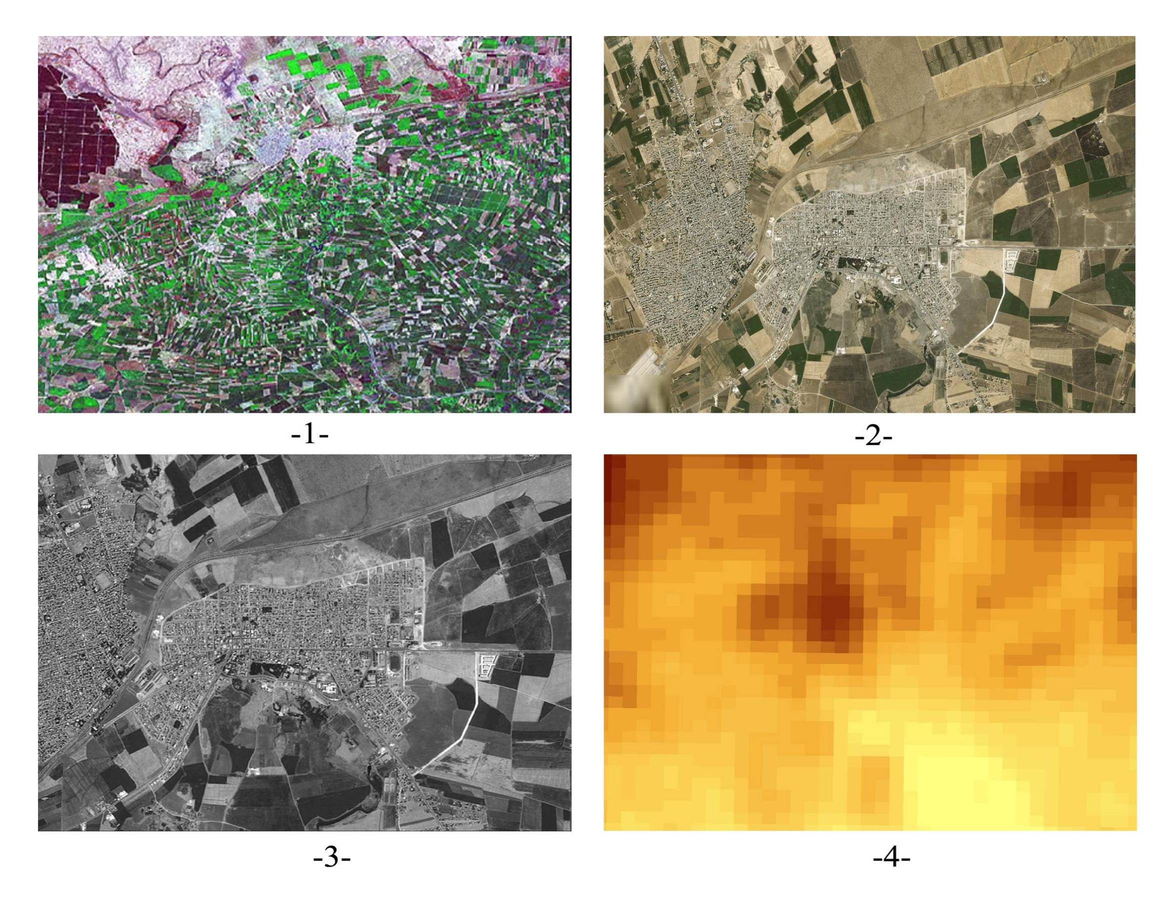
لذلك نجد أن هناك ارتباط وثيق بين الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة له (GIS-GPS) **ونتيجة لهذا** الارتباط الوثيق قمنا باستثمار هذه التقانات في منطقة الدراسة.

4-1- الصور الفضائية المستخدمة في منطقة الدراسة

تعتبر دراسة الصور وحيدة الطيف ومتعددة الأطياف والصور الرادارية الملتقطة بواسطة الأقمار الصناعية ذات فائدة كبيرةلدراستنا كونها أعطتنا نظرة شمولية عن توزع المناطق السكنية والزراعية والمجاري المائية من جهة والوضع الطبوغرافي العام من جهة أخرى إضافة لمساهمتها الفعالة في الدراسات التحليلية وخاصة المكانية منها، لذلك قمنا بتحضير مجموعة من الصور الفضائية لاستخدامها في دراستنا كما هو موضح في الجدول(8) والشكل(40).

مسلسل	التابع الصنعي	نوع الصورة	دقة الصورة (م)	تاريخ الالتقاط
1	لاندسات الأمريكي	ملونة	15	2003
2	سبوت الفرنسي	ملونة	5	2006
3	سبوت الفرنسي	بانكروماتيك	5	2006
4	مكوك الفضاء لانديفو الأمريكي	رادارية	90	2000

الجدول(8) مواصفات الصور الفضائية المستخدمة في الدراسة



شكل(40) الصور الفضائية المستخدمة في الدراسة الاستشعارية

4-2- معالجة الصور الفضائية

4-2-1- التصحيح الهندسي للصور الفضائية (Geometric Correction)

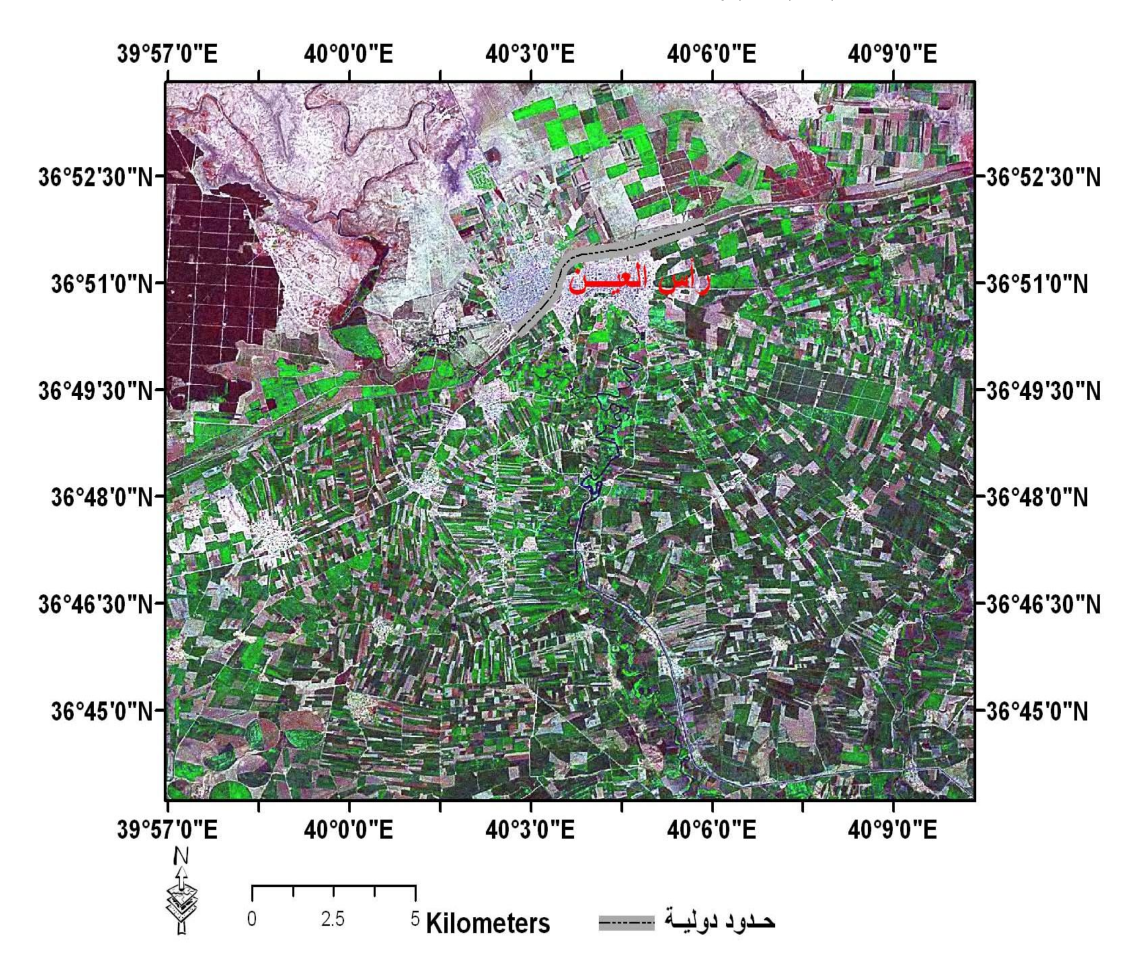
تحتوي الصور الفضائية على تشوهات هندسية نتيجة التغير في سرعة المسح و ارتفاع المركبة التي تحمل أجهزة الاستشعار عن بعد وسرعتها وانكسار الأشعة في الغلاف الجوي والتغير في انحناء سطح الأرض والإزاحة بفعل اختلاف التضاريس.

قامت الشركات المنتجة لصور الأقمار الصناعية بإزالة معظم التشوهات الهندسية باستثناء التشوهات الناشئة عن انحناء سطح الأرض والإزاحة بفعل اختلاف التضاريس [31].

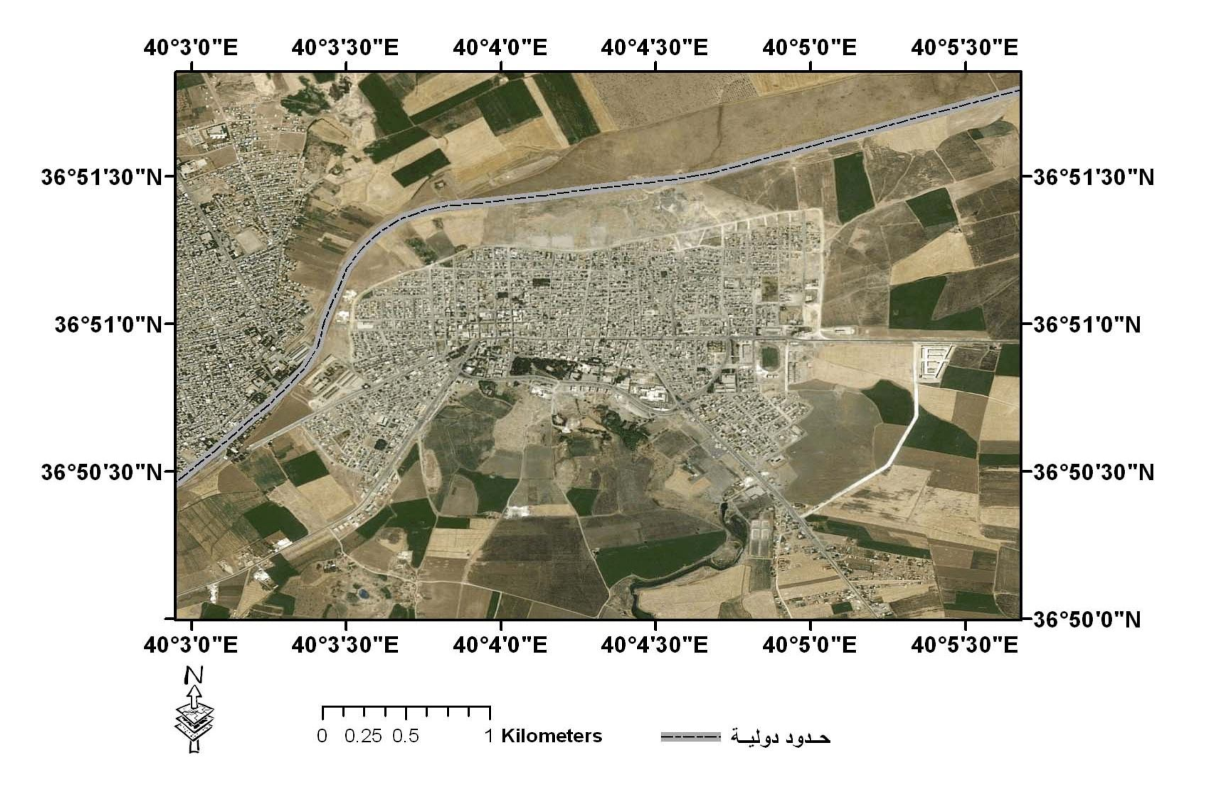
استنادا إلى ماتقدم قمنا بإزالة التشوهات الهندسية المتبقية عن طريقتعديل الاسقاط والنظام الجيوديز ي للصور من خلال ربطها بنقاط تحكم أرضية معروفة الإحداثيات وهو مايعرف بالتصحيح الهندسي للصور الفضائية (Geometric Correction)، وحصلنا على التصحيح التالي ووضعناه على الأشكال (41) و(42) و(43) و(44).

لقد مكنتنا عملية التصحيح الهندسي من:

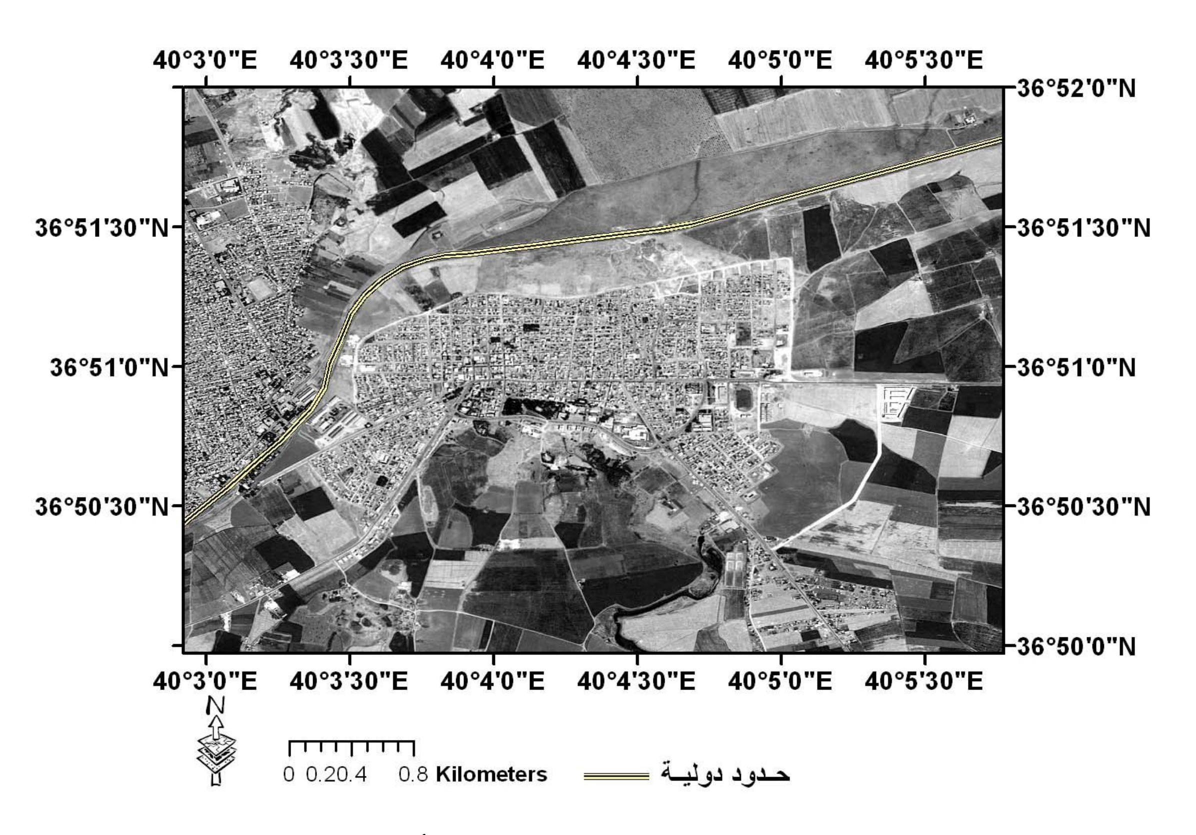
- دمج الصور الفضائية.
- مقارنة بكسلات الصور الفضائية المصححة من أجل كشف وجود أي تغير حاصل (Change detection).
- تطوير قواعد البيانات في أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS Modeling).
- حساب المسافة والمساحة الدقيقة (Distance and area measurements) .
- التوقيع الدقيق لأماكن التكهفات المكتشفة بطريقة المسح الجيوفيزيائي والانهيارات الحاصلة في منطقة الدراسة على الصور الفضائية.
- بناء نماذج ثلاثية الأبعاد لمنطقة الدراسة مما وفر فهما جيدا لطبيعة التكهفات المتشكلة وتحديد العلاقات المكانية فيما بينها.



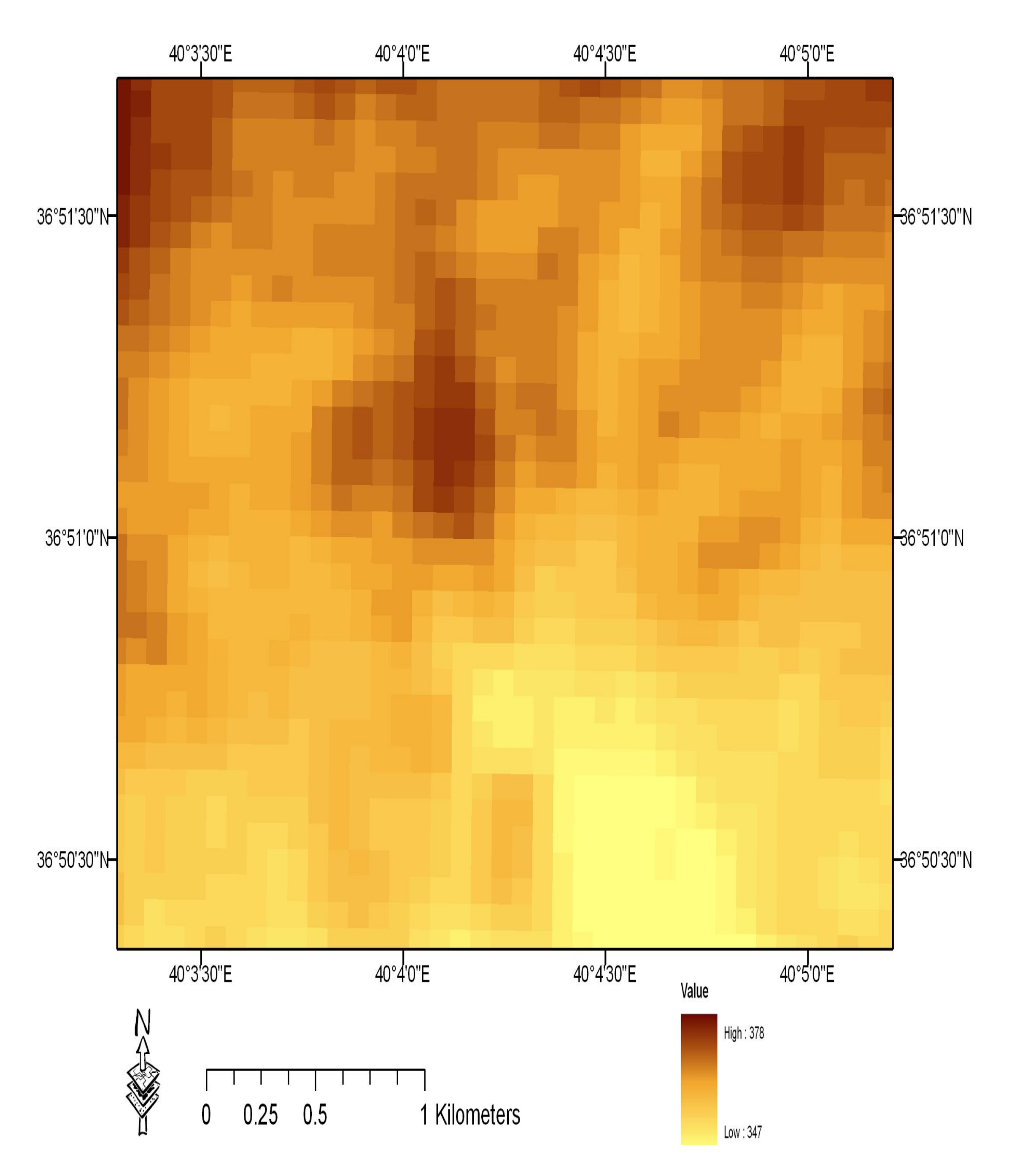
الشكل(41) صورة فضائية معالجة لمنطقة الدراسة مأخوذة من التابع الصنعي (LANDSAT)



الشكل(42) صورة فضائية ملونة معالجة لمنطقة الدراسة مأخوذة من التابع الصنعي (Spot)



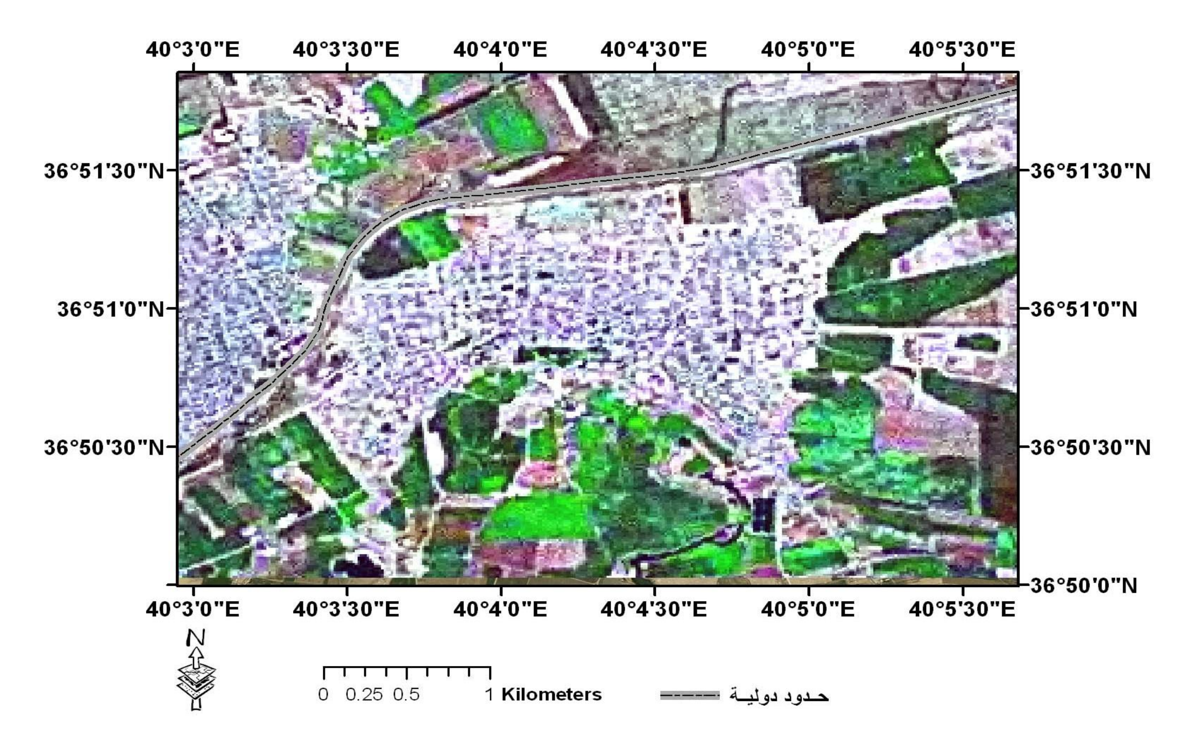
الشكل(43) صورة فضائية بانكروماتية معالجة لمنطقة الدراسة مأخوذة من التابع الصنعي (Spot)



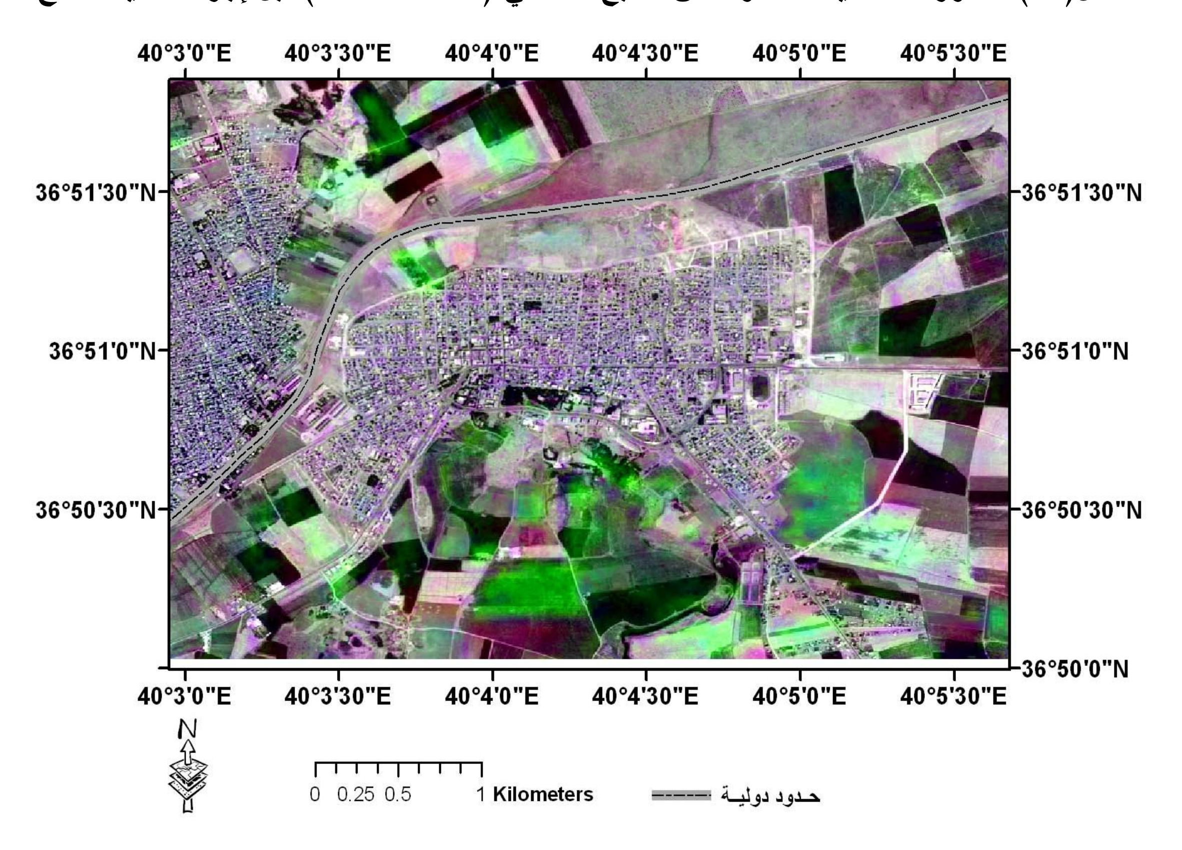
الشكل(44) صورة فضائية معالجة لمنطقة الدراسة مأخوذة من المكوك الفضائي لانديفو

4-2-2- دمج الصور(Image merging)

وهي تقنية متطورة تعمل على دمج صور أحادية الطيف (صور بانكرومتية) ذات دقة تمييز مكانية عالية مع صور متعددة الأطياف ذات دقة تمييز مكانية منخفضة [15]. وقد استخدمنا هذه التقنية لانتاج صور متعددة الأطياف ذات دقة تمييز مكانية عالية تمكنا خلالها من تحسين عملية تحليل بيانات صور منطقة الدراسة، الشكلين(45) و(46).



الشكل(45) الصورة الفضائية المأخوذة من التابع الصنعي (LANDSAT) قبل إجراء عملية الدمج



الشكل(46) صورة فضائية لمنطقة الدراسة بعد إجراء عملية الدمج بين الصورة الفضائية متعددة الأطياف(LANDSAT) والصورة الفضائية وحيدة الطيف (Spot)

4-3- تطبيقات الصور الفضائية في منطقة الدراسة

بعد أن فسرنا الصور الفضائية وربطنا نتائج تفسيرها مع المعطيات الجيولوجية والطبوغرافية والهيدروجيولوجية والتكتونية تمكنا من تحديد وحصر نطاقات التخلع التكتوني والنطاقات النفوذة والمشققة والفوالق الرئيسية والثانوية وخاصة تلك التي تلعب دوراً أساسيا وهاماً في تواجد المياه الجوفية وحركيتها وتغذيتها وحركتها ضمن النطاقات الصخرية المشققة، حيث يرتبط تواجد المياه وتجمعها وجريانها بشكل أساسي ومباشر مع تركيز الشقوق أو ما يسمى نطاقات التشقق.

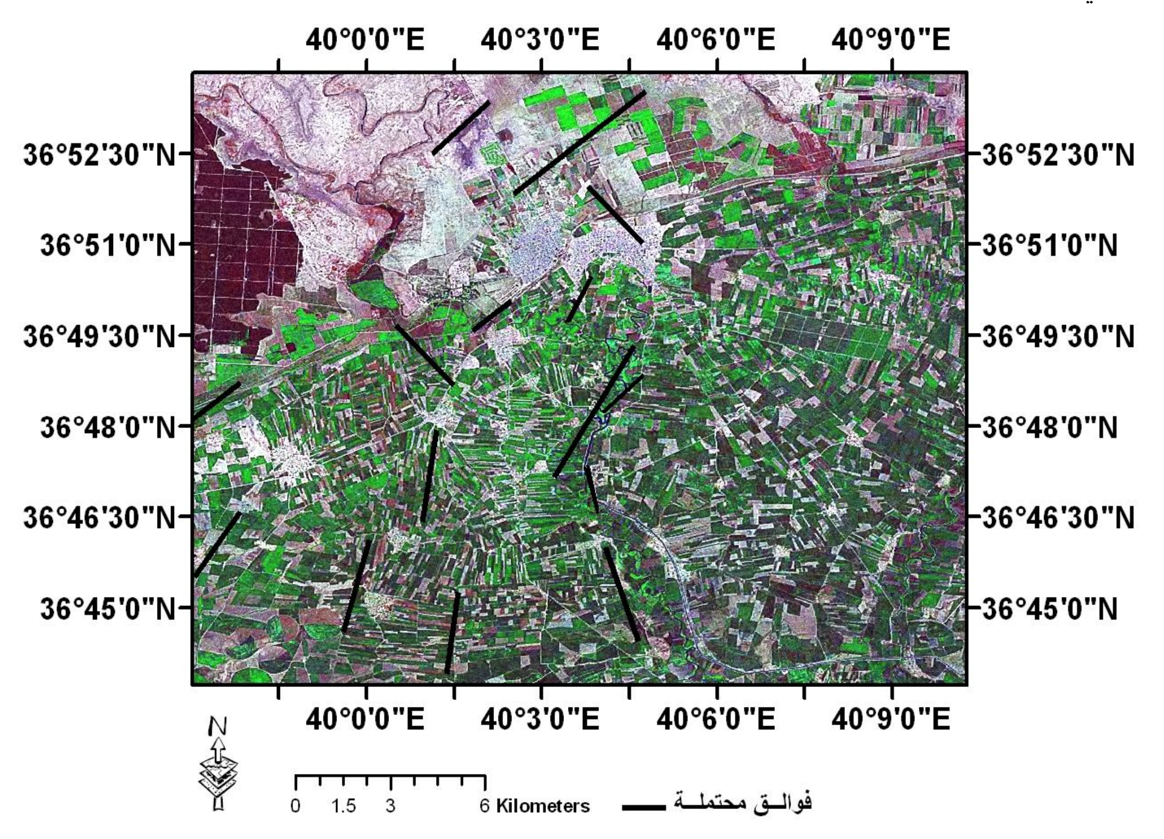
ولقد تبين من خلال تفسير الصور الفضائية لمنطقة الدراسة وجود تطابق مناطق توضع الفوالق المحتملة مع الصورة المفسرة من قبل الهيئة العامة للاستشعار عن بعد [17]، وكانت النتيجة كمايلي:

1- الاتجاه العام للفوالق الرئيسية شمال – شمال غرب – جنوب – جنوب غرب.

2- هناك مجموعة أخرى من الفوالق تأخذ اتجاه شمال شرق – جنوب غرب.

يوضح الشكل (47) الذي وضعناه نتائج تفسير الصور الفضائية لتحديد التخلعات التكتونية في منطقة الدراسة.

وتم الاستفادة من تفسير الصور الفضائية في إبراز النتيجة التالية: وجود مظاهر كارستية شديدة ومياه غزيرة في المنطقة مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بوجود شبكة شقوق تكتونية مرتبطة بوجود نطاقات فالقية محلية.



الشكل(47) الفوالق المحتمل وجودها في منطقة الدراسة من خلال تفسير الصور الفضائية

4-4- تطبيقات نظام تحديد المواقع الشامل في منطقة الدراسة

تم استخدام جهاز GPS من طراز Mobile ألماني الصنع وحصلنا على النتائج الموضحة في الجدولين التاليين (9، 10) حيث:

- إحداثيات الانهيارات الحاصلة و التكهفات المكتشفة في منطقة الدراسة، الجدول(9).
- إحداثيات الينابيع الرئيسية و بعض الآبار المحفورة في منطقة الدراسة، الجدول(10).

الرقم	Y	X	الرقم	Y	X
37	36.85008991100	40.06707250590	1	36.84659134850	40.07491053170
38	36.84611379990	40.05801984560	2	36.84653944110	40.07460946840
39	36.84810704620	40.05645224050	3	36.84657058550	40.07431878670
40	36.85010029250	40.05942134690	4	36.84657058550	40.07413191980
41	36.84953969200	40.06438369970	5	36.84691317470	40.07459908690
42	36.84963312540	40.06464323700	6	36.84714156750	40.07323911160
43	36.85058822260	40.06507925960	7	36.84708966010	40.07182722880
44	36.85326145650	40.06231778300	8	36.84688203030	40.06996894190
45	36.85083218760	40.07487938720	9	36.84611379990	40.07024924220
46	36.85058303180	40.07523235790	10	36.84551167340	40.07078907970
47	36.84730248070	40.07856481650	11	36.84514832130	40.06952253780
48	36.85440342060	40.07205562160	12	36.84478496910	40.07338445250
49	36.85275276350	40.08069302220	13	36.84468115420	40.07507663550
50	36.85637590390	40.08191803820	14	36.84784750890	40.07093442060
51	36.85282543390	40.08456531840	15	36.84788903490	40.07058144990
52	36.84972136810	40.08408776980	16	36.84739072330	40.07180646580
53	36.84975251260	40.08475218520	17	36.84720385650	40.07138082470
54	36.84945144930	40.08530240430	18	36.84776445700	40.07186875480
55	36.84925420100	40.08412929580	19	36.84763987910	40.07238782930
56	36.85093600250	40.08306000220	20	36.84795132390	40.07004161230
57	36.85101905450	40.08271741300	21	36.84805513880	40.06932528950
58	36.85105019890	40.08114980780	22	36.84813819070	40.06847400720
59	36.84852749660	40.08152354150	23	36.84773331250	40.06927338200
60	36.84878703390	40.08242673120	24	36.84819009810	40.06796531410
61	36.84850673360	40.09096031690	25	36.84847039840	40.06817294390
62	36.84891161180	40.08976644540	26	36.84850154290	40.06898270030
63	36.84018246530	40.08269549650	27	36.84834582050	40.07009351980
64	36.83703264400	40.07665833900	28	36.84815895370	40.07091365760
65	36.84153863830	40.07149613190	29	36.84808628320	40.07164036200
66	36.84000747520	40.06738386520	30	36.84806552030	40.06697907250
67	36.84298230640	40.06226540560	31	36.84442161690	40.07142235070
68	36.84635086530	40.06480276160	32	36.84842887240	40.06476781490
69	36.84875697880	40.06357783110	33	36.84913481380	40.06518307450
70	36.85024439440	40.06769009780	34	36.84916595830	40.06837019230
71	36.85063812210	40.06607143960	35	36.84917633980	40.07051916090
72	36.85173181010	40.08322046670	36	36.84953969200	40.07111090590

الجدول(9) إحداثيات الانهيارات والتكهفات المكتشفة في منطقة الدراسة

اسم الموقع	Y_COORD	X_COORD
Banous	36.83694	40.07523
Hsaan	36.83252	40.05566
Zarkaa	36.82317	40.05903
Kabreaty	36.8061	40.06215
Hadeaka	36.84569	40.06843
Almalab	36.84614	40.07911
Seroop	36.84349	40.06836
Jabara	36.82502	40.05637
Alrabeta Alflaahea	36.85031	40.08057
Almalab Albalady	36.84932	40.07942
Kazeat Mater	36.84224	40.07492
Alnaserea	36.81170	40.04617
Asfr1	36.82213	40.05788
Asfr2	36.82211	40.05744
Balad	36.84786	40.07215
Gbara	36.82830	40.06244

الجدول(10) إحداثيات الينابيع الرئيسية وبعض الآبار

4-5- تطبيقات نظام المعلومات الجغرافي في منطقة الدراسة

تم استخدام تقانات وبرمجيات نظام المعلومات الجغرافي في منطقة الدراسة وذلك في عدة نقاط أساسية كان لها دورا هاما في تقسيم منطقة الدراسة حسب درجة الخطورة فيها وفقاً لما يلي:

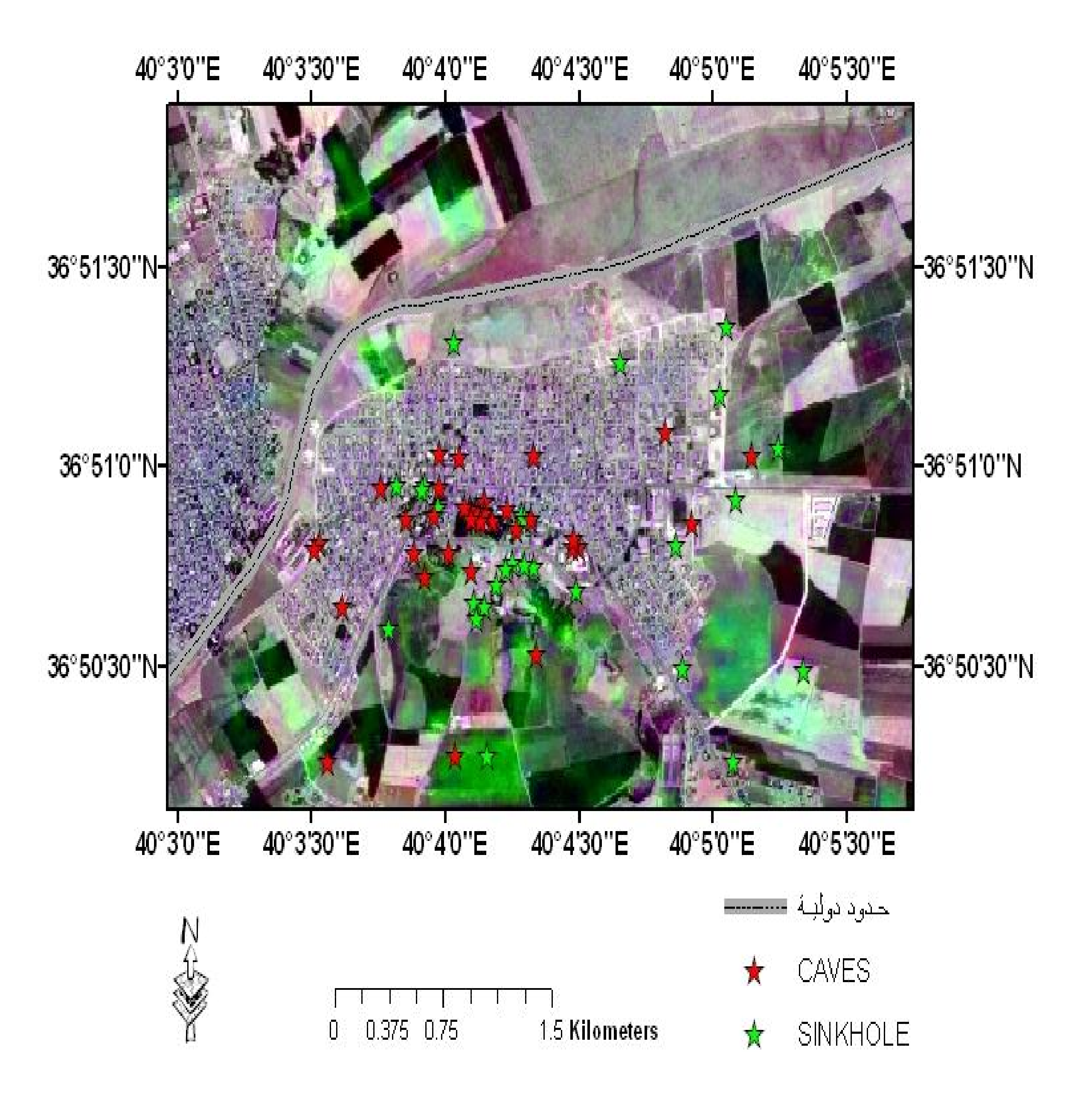
1- تحديد مواقع الانهيارات والتكهفات في مكانها على الصور الفضائية، كما هو على الشكل(48).

2- بناء نماذج ثلاثية البعد لمنطقة الدراسة: تم وضع نموذجين غطيا منطقة الدراسة وجزء من الجانب التركي تم بناءهما من خلال تركيب صورة فضائية بدقة (5) متر فوق نموذج الارتفاع الرقمي من نوع (DEM: Digital Elevation Model)، كما تم رسم الحدود الدولية بين منطقة الدراسة والجانب التركي، ثم تم إنشاء مسارين لخط النظر (Line of Sight) من أجل بناء مقطعين جانبيين للتضاريس وباتجاهين مختلفين:

الاتجاه الأول: من الغرب إلى الشرق.

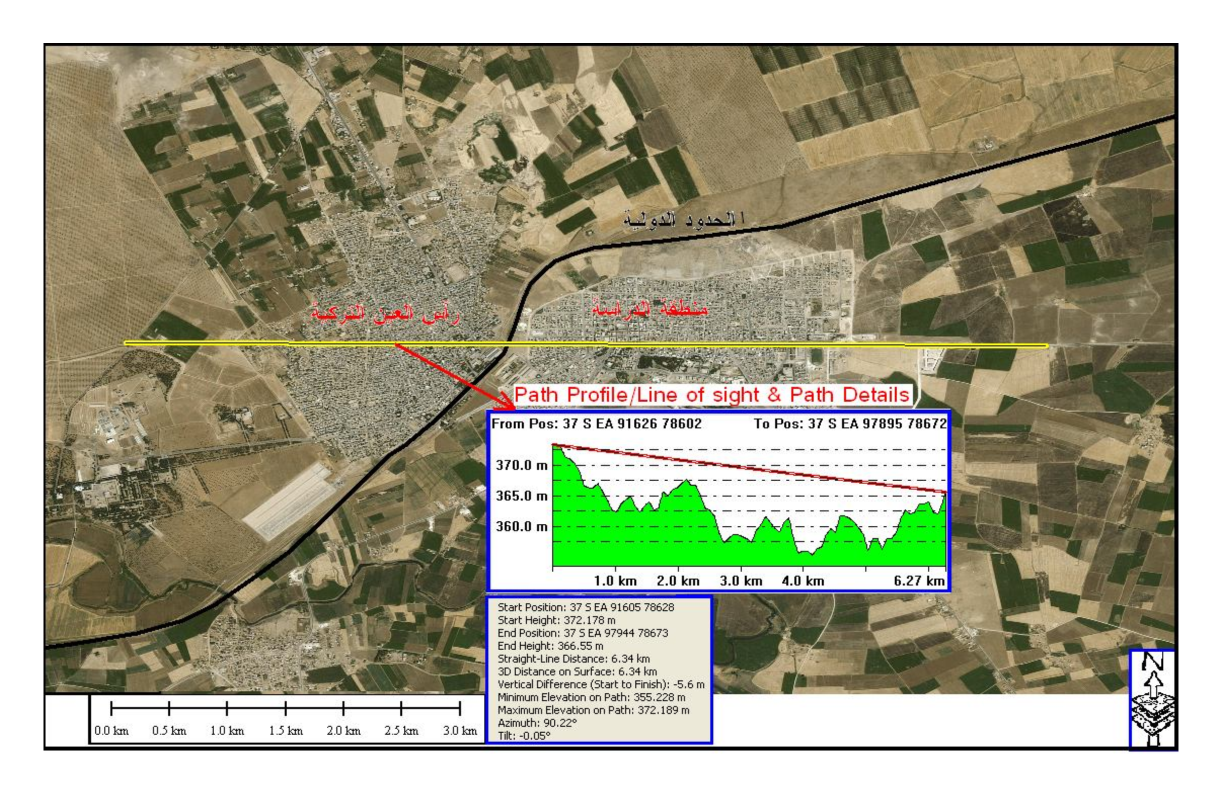
الاتجاه الثاني: من الشمال إلى الجنوب.

بحيث تكون نقطة البدء(عين المراقب) في الجانب التركي ونقطة النهاية (الهدف) في الجانب السوري.

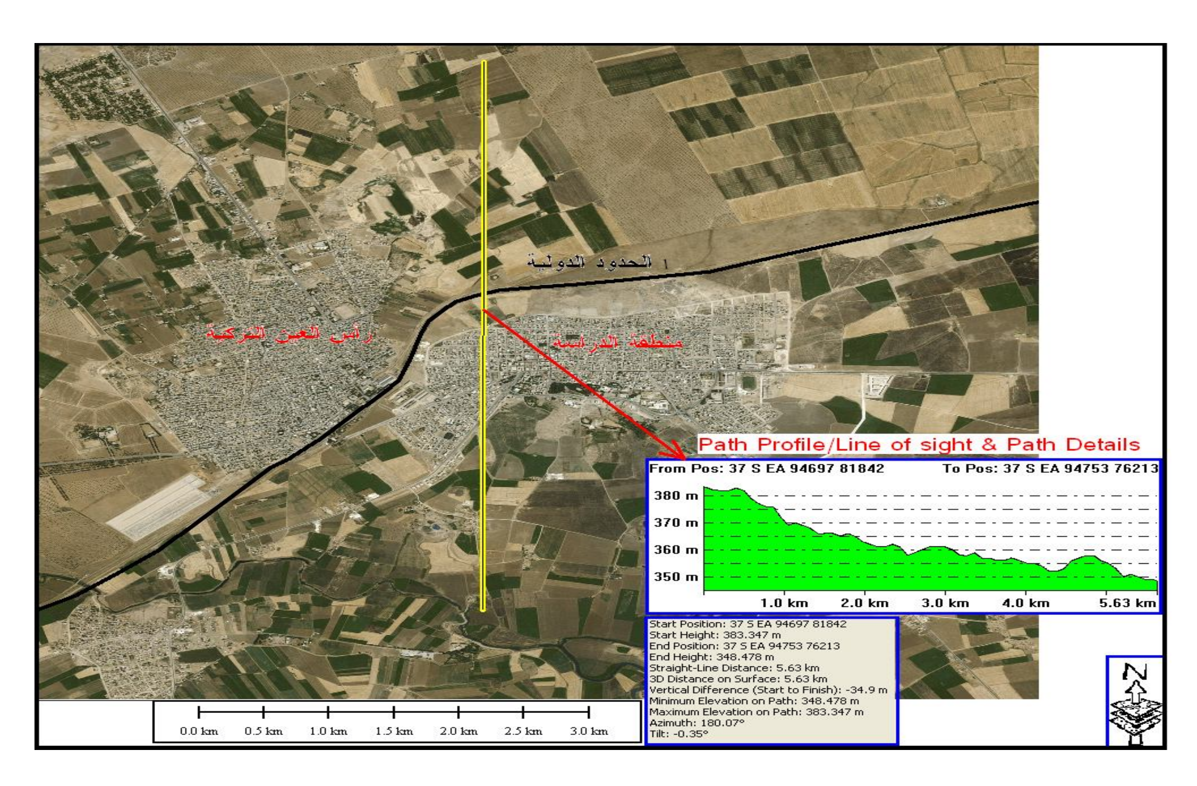


الشكل(48) مواقع الانهيارات والتكهفات في منطقة الدراسة

نلاحظ من خلال المقطعين الموجودين في هذين النموذجين تدرج الانحدار بدءا من الجانب التركي باتجاه الجانب السوري وبحدود(10-14م) في نقطة التقاطع مع منطقة الدراسة في حين تصل فروق الارتفاع إلى(20-30م) في نهاية المقطع من الجانب السوري، الشكلين(49) و(50).

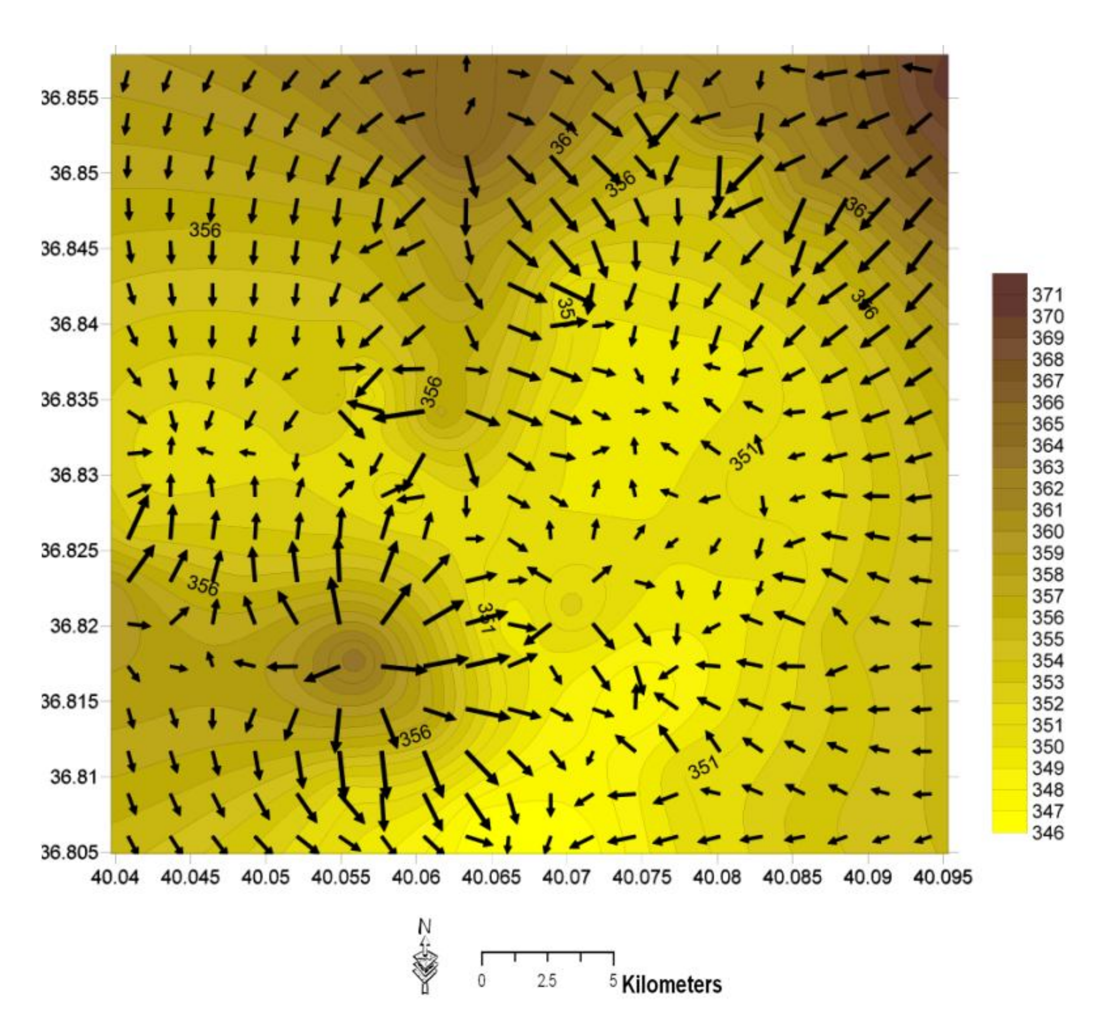


الشكل(49) مقطع جانبي للتضاريس من الغرب إلى الشرق



الشكل(50) مقطع جانبي للتضاريس من الشمال إلى الجنوب

نتيجة لوضع هذه النماذج تمكنا من تحديد جهة جريان المياه السطحية والتي تأتي من الجانب التركي إلى منطقة الدراسة، حيث أن حركة المياه السطحية لها تأثير كبير جدا على تشكل التكهفات وسرعة نموها وبالتالي حصول الانهيارات، ومن خلال قيم الارتفاعات تم تحديد الميول السطحية لمنطقة الدراسة وبناء نموذج يحدد جهة حركة المياه السطحية، الشكل(51).



الشكل(51) جهة حركة المياه السطحية والتي تتبع الجهة التي تشير إليها الأسهم

نتيجة للدراسات الاستشعارية السابقة كان لا بد من تدعيمها بإجراء العمليات التالية:

- تحليلات مكانية ربطنا بها بين التكهفات والانهيارات ومسبباتها.
- وضع خريطة غرضية تم من خلالها تقسيم منطقة الدراسة إلى قطاعات حسب درجة الخطورة وهاتين العمليتين مرتبطتان بشكل وثيق بكافة الدراسات الاستشعارية والجيوفيزيائية والكيميائية ولذلك وجدنا أنه من الأنسب وضع فصل خاص للربط بين هذه الدراسات للوصول إلى النتيجة المرجوة.

الفصل الخامس

استخدام بعض الطرائق الجيوفيزيائية لكشف التكهفات في منطقة الدراسة (طريقة الجيورادار)

استخدام طريقة الجيورادار في الكشف عن التكهفات في منطقة الدراسة (طريقة الجيورادار)

تستخدم الطرائق الجيوفيزيائية على نطاق واسع في تحديد البنيات والتراكيب الجيولوجية تحت السطحية ومن بين هذه البنيات هي الكهفات موضوع الدراسة، وتعتبر الطريقة الجيورادارية من أهم الطرائق الجيوفيزيائية التي تستخدم في الكشف عن التكهفات التحت سطحية والشقوق والمجاري والأجسام المطمورة كأنابيب الصرف الصحي ومياه الشرب والمعادن المختلفة ويمكنها تحديد مناطق تسرب المياه من هذه الأنابيب ومستوى المياه الجوفية القريبة من سطح الأرض [38].

تمتاز هذه الطريقة عن غيرها من الطرائق الجيويزيائية التقليدية (المقاومية- السايسمية) بقدرتها على تحسين نسبة الإشارة المفيدة إلى الضجيج، فهي تتغلب على تأثير الضجيج العالي الناتج عن وجود أسلاك التيار الكهربائي والهاتف وأنابيب الصرف الصحي ومياه الشرب والطرق المزفتة والساحات المبلطة وحركة الآليات وغيرها، حيث أن الضجيج يجعل العمل مع الطرائق الجيوفيزيائية الأخرى صعبا.

وجدنا أن الطريقة الجيورادارية مناسبة أكثر من غيرها من الطرائق الجيوفيزيائية للعمل في منطقة الدراسة لذلك استخدمناها في إجراء المسوحات الحقلية التي نفذناها.

تعتبر الطريقة الجيورادارية من حيث المبدأ مشابهة لطريقة السيزميك الانعكاسي والفرق بينهما أن الطريقة السايسمية تستخدم الأمواج الاهتزازية ذات الترددات الصغيرة نسبيا في حين أن الجيورادار يعتمد على الأمواج الكهرطيسية بدلا من الأمواج الاهتزازية. وتتراوح الترددات المستخدمة في طريقة الجيورادار بين 25- 1000 ميغاهرتز، ويتأثر انتشار الأمواج الكهرطيسية بخاصتين فيزيائيتين هما:

- ✓ **الناقلية conductivity:** وهي قدرة المادة على نقل التيار الكهربائي والذي بدوره يعمل على تخفيض سعة الأمواج في المادة الناقلة.
- ✓ **المعزالية dielectricity:** تتحكم هذه الخاصة بسرعة انتشار الأمواج الكهرومغنطيسية في المادة .

لقد تم تحديد ثوابت العازلية والناقلية لمواد مختلفة كما هو موضح في الجدول(11).

عندما تمر الأمواج الرادارية عبر التراكيب الجيولوجية تتخامد طاقة الأمواج باستمرار لسببين:

1- بسبب الانعكاس.

2- انخفاض سعة الأمواج نتيجة الاحتكاك (خسارة الطاقة على شكل حرارة)، في العملية الأخيرة يعتبر تردد الأمواج المستخدم المؤثر الرئيسي على انخفاض السعة.

3- الوسط الجيولوجي.

Material	Relative Dielectric Constant	Diffusion Speed (m/s), approx.	Conductivity (ms)
Air	1	3.1×10^{8}	0
Water (pure)	81	3.3×10^{7}	0.1-0.3
Salt water	81	3.3×10^{7}	400
Ice	4	1.5×10^{8}	0.1-0.3
Concrete (dry)	6	1.2×10^{8}	1
Concrete (moist)	12	0.86×10^{8}	5
Granite (dry)	5	1.3×10^{8}	< 0.001
Granite (moist)	7	1.1×10^{8}	1
Limestone (dry)	7	1.1×10^{8}	< 0.001
Limestone (moist)	8	1.06×10^{8}	25
Sandstone (moist)	6	1.2×10^{8}	40
Basalt (moist)	8	1.06×10^{8}	10
Concrete, sandy (dry)	4	1.5×10^{8}	0.1
Concrete, sandy (saturated)	30	5.5×10^{7}	7
Clay (saturated)	10	0.95×10^{8}	30
Metals	1	3×10^{8}	$> 10^{8}$

الجدول(11) يوضح ثوابت الناقلية والعازلية وسرعة انتشار الأمواج الرادارية في مواد مختلفة[30]

إن مقدار التغطية الجانبية للحساس (Sensor) الواحد هو نصف طول الموجة، ويعطى بالعلاقة[30]:

$$\frac{\lambda}{2}=\frac{C}{2\sqrt{\varepsilon_R}^{F}}$$

حيث: λ : طول الموجة.

ε_R : ثابت العزل الكهربائي.

F : التردد.

C : سرعة الضوء.

في شروط غير مثالية ينخفض عمق الاختراق إلى حد كبير ويمكن تحديد موقع العاكس من خلال قياس زمن انتقال الإشارة وسرعة انتشارها في المادة ويعطى بالعلاقة[30]:

$$D=0.5V_M\cdot t$$

حيث: D : العمق(m).

V_M : سرعة الانتشار(m/s).

t : الزمن(s).

يتم تحديد عمق السطوح الفاصلة بين الطبقات من خلال تحديد أزمنة الانتقال، حيث يحصل الانعكاس على الحدود بين الطبقات المختلفة في الناقلية.

تعتمد سرعة الانتشار على ثابت العزل للمادة وتعطى بالعلاقة:

$$V_M = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_R}}$$

حيث: V_M : سرعة الانتشار.

C : سرعة الضوء في الفراغ وتساوي $3 \cdot 10^8$ m/s.

ε_R : ثابت العزل للمادة.

إن قدرة تحديد أي جسم تعتمد على طاقة الأمواج المرسلة والمنعكسة والتي تعتمد بدورها على ظروف الانعكاس. إن أعلى قيمة لعامل الانعكاس تقابل أعلى قيمة لطاقة الأمواج المنعكسة فعند وجود طبقتين مختلفتين في ثابتي عزليهما يعطى معامل الانعكاس بالعلاقة:

$$R = \frac{\sqrt{\varepsilon_1} - \sqrt{\varepsilon_2}}{\sqrt{\varepsilon_1} + \sqrt{\varepsilon_2}}$$

حيث: R : معامل الانعكاس.

$\sqrt{\varepsilon_1}, \sqrt{\varepsilon_2}$: ثابتي عزل الطبقتين.

تبين المعادلة السابقة أن عامل الانعكاس يزداد مع زيادة قيمة الفرق بين ثابتي العزل.

عند استخدامنا أجهزة الجيورادار أخذنا بعين الاعتبار مايلي:

مقدار التباعد الجانبي بين بروفيل وآخر حتى يتم تغطية شاملة لمنطقة ما.

علاقة العمق مع دقة التمييز.

إمكانية استخدام هوائيات بترددات مختلفة.

امكانية تحديد فجوة تحت ظروف مختلفة للموقع والشكل.

امكانية التفريق بين الأجزاء الرطبة والتكهفات من خلال الإشارة التي نحصل عليها.

مقدار التشويش الناتج عن وجود أجسام ناقلة لقرب من السطح وا مكانية إزالته أو تخفيفه.

إمكانية تحديد فجوات معينة على أعماق مختلفة.

5-1 الأجهزة المستخدمة في المسح الجيوراداري لمنطقة الدراسة

تم استخدام جهاز الجيورادار المساحي نوع Future I-160 الألماني الصنع المناسب كما سبق ذكره كما تم الاطلاع على نتائج المسح التي استخدم فيها جهاز الجيورادار البروفيلي طراز Mala السويدي الصنع الذي استخدمته المؤسسة العامة للجيولوجيا وجهاز الجيورادار البروفيلي طراز Zond-12e السويدي الصنع

الذي استخدمته شركة هيدروسكوب الأرمينية.

إن جهاز الجيورادار المساحي الذي تم استخدامه في العمل الحقلي جهاز متطور وحديث جدا وهو من طراز Future I-160 صناعة شركة OKM Ortungstechnik Gmbh الألمانية المشهورة والرائدة عالميا على صعيد تصنيع الأجهزة الرادارية والجيوفيزيائية والمسح الجيولوجي [6].

يتألف هذا الجهاز الشكل (52) من الأجزاء والأجهزة والمعدات التالية:

- وحدة التحكم Control Unit.
- سابر الأفقي Horizontal Probe.
- سابر الشاقولي Vertical Probe.
- وصلة سابر Linkage for Probe.
- جهاز حماية البلوتوس USB Bluetooth Dongle.
- كبل توصيل USB Extention Cable .
- قرص الإعداد USB Setup CD.
- مزود طاقة خارجي Eternal Power Supply.
- كبل لمزود الطاقة الخارجي Cable for Power Supply.
- شاحن لمزود الطاقة الخارجي Charger for External Power Supply.
- برنامج ثلاثي البعد 3D Software.
- رقاقة تحكم Control Chip.
- سماعات Headphones.

يمكن للجهاز اختراق الطبقات الأرضية لأعماق حتى (18) م وهو يعتمد على طريقة النبض الإلكهرطيسي والذي يستخدم من أجل تحديد مواقع الأجسام المطمورة مثل اللقى الأثرية والمواد الصنعية والأنابيب المعدنية والبلاستيكية والخزانات تحت الأرضية وغيرها من الأجسام المطمورة إضافة لكونه يستخدم للكشف عن التكهفات والمقابر والصناديق وتحديد المياه الجوفية القريبة من السطح[6]. يتميز الجهاز المستخدم في الدراسة بالمواصفات الفنية التالية:

1- المرسل الراداري مزود بـ (16) حساس داخلي حيث يصل عمق الاختراق حتى (18) م.

2- الجهاز مزود بمستقبلات رادارية حساسة جدا متوافقة مع المرسل تماما بتواتر:9.35 Ghz ولا يوجد أي ضياع بالإشارة بين المرسل والمستقبل.

3- الهوائيات الخارجية (الرادارية) حساسة جدا وتعمل بترددات مختلفة.

4- يعمل الجهاز بتقنية وصل وتخاطب Bluetooth بتواتر (2.4 -2.4835 Ghz) وبسرعة عالية في نقل البيانات ويتم التواصل حتى 100م.

5- للجهاز وحدة تزويد خارجية للطاقة مع شاحن خاص بها سريع الشحن.

6- الجهاز مزود بمعالج متطور من صنع شركة Motorola بتواتر 4 Mhz، وهو مزود بحاسب محمول خاص به ويحقق متطلباته من صنع شركة HP-Compaq وهو محمل بكامل برامج التفسير وملحقاته.

7-البرمجيات المرافقة للجهاز تكفل نقل وتخزين وتفسير القراءات المأخوذة من الجيورادار مثل قياس العمق بالاعتماد على نوعية التربة، تصحيح أوتوماتيكي للإشارة، رؤية أفضل للمنطقة الممسوحة على شكل صور ثلاثية الأبعاد والتي يمكن طباعتها بعد المعالجة.

8- مرفق بالجهاز برنامج خاص للرؤى ثلاثية الأبعاد 3D. Visulaizer يمكن من معالجة المعطيات للحصول على أفضل صور ثلاثية الأبعاد بعد مسح الموقع.

9- إمكانية تخزين ذات سعة عالية وبشكل تلقائي للمعطيات باستخدام الحاسب المحمول المرفق به وتجدر الإشارة إلى أن الجهاز يتميز بأنه:

- مناسب للاستخدام في الظروف الحقلية المختلفة.
- مقاوم للصدمات والعوامل الجوية ويعمل بدرجات حرارة تتراوح بين 0 وحتى 50 درجة مئوية، ويمكن تخزينه بدرجات حرارة تتراوح بين 20 وحتى 60 درجة مئوية ويعمل بجو رطوبته النسبية تتراوح بين 5% وحتى 75%.
- سهل الاستخدام.
- غير نفوذ للماء.
- خفيف الوزن فوزنه 1.5 كيلوغرام تقريبا.

اعتبرت الترددات المستخدمة في المسح سرية بالنسبة للشركة المنتجة ولم يتم الحصول عليها رغم الإلحاح الشديد من خلال عدة مراسلات قام بها مورد الجهاز بطلب رسمي من قبلنا.



الشكل(52) أجزاء جهاز الجيورادار

5-2- الأعمال الجيوفيزيائية المنجزة

قسمنا مراحل العمل بطريقة الجيورادار إلى ثلاثة مراحل وقد تم اعتماد هذه المراحل أثناء إعداد هذه الدراسة وهي:

5-2-1- مرحلة المسح الحقلي Georadar Data Acquisition

قسمنا المواقع المدروسة إلى مناطق بحيث توزعت البروفيلات المساحية على الساحات وعلى محيط الأبنية حسب إمكانية القياس أما في داخل الأبنية فلم يتم تنفيذ القياسات فيها وذلك بسبب وجود التشويشات الناتجة عن المواد المعدنية وأسلاك الكهرباء وقطع الأثاث المختلفة. قبل البدء بالمسح والقياس وضعنا أمامنا الأسئلة التالية:

1. ما نوع التكهفات والفجوات التي نبحث عنها؟.
2. ما أبعادها المتوقعة؟.
3. ماهي طريقة المسح المناسبة؟.
4. ما هي الخطة التي سيتم العمل على أساسها؟.

حيث أن أي قياس أو مسح بدون خطة لن يعطي النتيجة المرجوة، ومن أجل ذلك تم أخذ آراء الجهات المعنية بعين الاعتبار والتي تضمنت عدة ملاحظات ساعدت في إنجاز العمل المطلوب كما تم الاطلاع على المعلومات المتوفرة عن الطبيعة الجيوهندسية للمنطقة وبناء عليه وضعنا أمامنا الاحتمالات التالية:

أولاً : هل نحن بصدد البحث عن تكهفات (كبيرة – صغيرة – متصلة – منفصلة – قريبة من بعضها أم بعيدة) حيث أن هذه الأسئلة ستوجهنا لاختيار أسلوب المسح ونمط التشغيل المناسب وأيضاً هنا يتدخل

أسلوب حامل الجهاز في المسح فإن كان البحث عن تكهفات كبيرة فيجب أن نزيد المسافة بين نقاط القياس أي بين كل نبضتين ترسلان إلى الأرض، أما من أجل التكهفات الصغيرة فيجب أن تكون المسافات صغيرة.

ثانياً : ما هي نوعية الصخور في منطقة المسح حيث أن ذلك سيوجهنا إلى اختيار نوع الصخر الذي نقف عليه والذي من شأنه أن يسمح باختيار ترددات مناسبة تسمح باجتياز هذا النوع من المادة الصخرية وكل ذلك يتم في البرنامج الذي نستخدمه أثناء المسح.

ثالثاً : للحصول على قيم دقيقة تتعلق بقياس العمق يجب أن يكون التكهف في مركز الـ graph وهذا يعني أنه يجب أن يأخذ شكله من خلال قيم الإشارة الطبيعية وليس من خلال عمليات الإملاء التي تتم في البرنامج أما إذا كان الجسم على جانب الـ graph وغير مرئي بشكل كامل فإن قياس عمقه غير دقيق.

رابعاً : يجب أن لا يكون هناك أكثر من تكهف واحد في الـ graph لأن هذا سيؤثر على قياس العمق بشكل دقيق،وأن أجساماً وظروفاً كثيرة قد تؤثر سلبياً على نتائج القياس ولا بد من أخذها بعين الاعتبار عند إجراء المسح ونذكر منها:

درجة الحرارة، وجود إرسال راديوي آخر، طاقة الشمس، التمعدنات في الأرض، اللوم، الملح والماء....الخ).
تبعا لظروف المسح وأبعاد المناطق الممسوحة فقد تم استخدام الأنماط التالية من التشغيل:

- نمط آلي 10 نبضات.
- نمط آلي 20 نبضة.
- نمط آلي 30 نبضة.
- نمط آلي 40 نبضة.
- نمط آلي 50 نبضة.

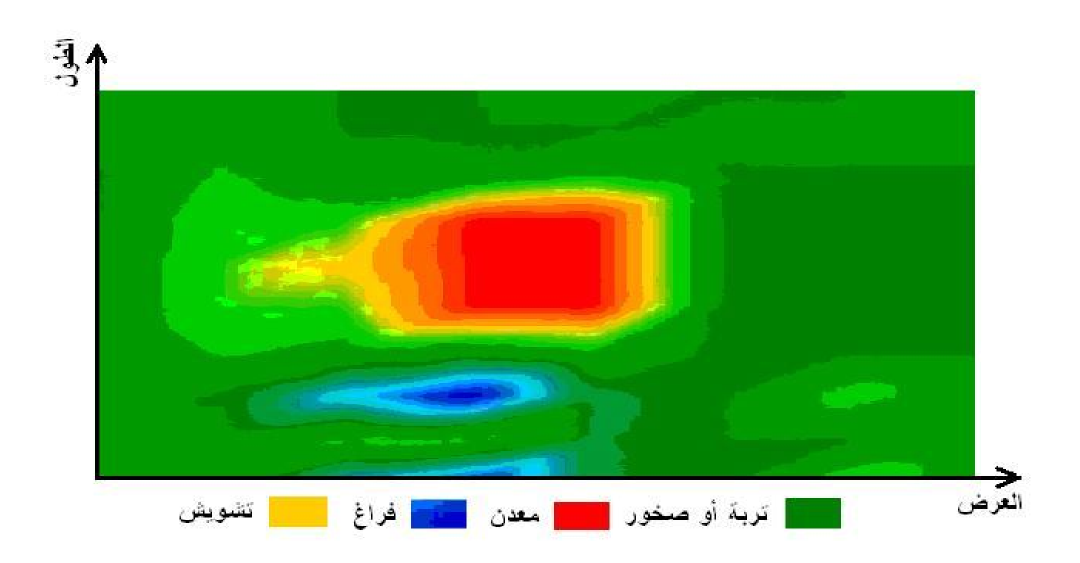
خامساً : الاختيار الصحيح لنمط التشغيل والذي يعتمد بشكل أساسي على مخطط المسح وأبعاده:

1- إن نمط التشغيل الآلي 50 نبضة أتاح لنا تسجيل المعطيات على شكل صورة ظهرت على شاشة الحاسب حيث ترسل المعطيات بشكل مباشر إلى الحاسب وتحفظ من خلال برنامج خاص بذلك، ويوضح الشكل التالي آلية المسح بالسابر الأفقي.



الشكل(53) طريقة المسح بالسابر الأفقي

بعد الانتهاء كانت المنطقة كاملة ممثلة على الحاسب ضمن البرنامج المختار على هيئة صورة للمنطقة الممسوحة ويوضح الشكل (54) صورة تمثل طريقة إظهار معطيات المسح. إن الصورة الممثلة للمنطقة تضمنت قيم لونية مختلفة حسب المعطيات ولكن قيم اللون الأخضر كانت رئيسية فيه حيث أن اللون الأخضر يمثل الوضع الطبيعي للأرض[7].

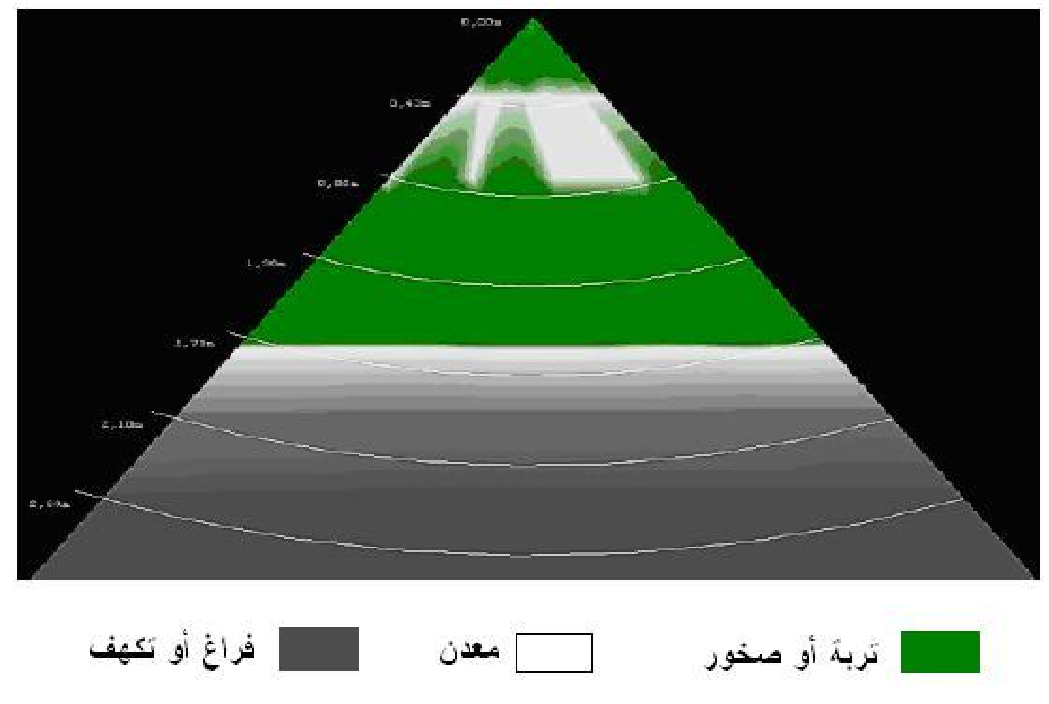


الشكل(54) صورة تمثل طريقة إظهار معطيات المسح بالسابر الأفقي[7]

2- نمط التشغيل اليدوي 30 نبضة: إن نمط التشغيل هذا مشابه لنمط التشغيل الآلي والفرق الوحيد هو أنه في هذا النمط تم إرسال (30) نبضة علىطول خط القياس وا رسال كل نبضة تم بشكل منفرد وبوقت تم اختياره من قبل حامل الجهاز حيث وجب عليه إعادة تنشيط الإرسال عند كل مرة يقوم بها بإرسال نبضة إلى الأرض.

3- نمط التشغيل المستمر بالسابر الأفقي: يسمح لنا هذا النمط برؤية الأرض لمرة واحدة وبزمن حقيقي وبصورة مستمرة على طول خط المسير لذلك ليس من الضروري في هذا النمط أن يتم المسح حسب مخطط محدد، حيث تمكنا من المسح بكل اتجاه وأثناء المسح يقوم الجهاز بإرسال النبضات ويقوم الحاسب بإظهار المعطيات المرسلة على شكل شريط تسجيل مستمر كصورة تبين ما هو موجود ضمن الأرض، وهذه المعطيات لايمكن حفظها وا نما تم تحليلها بشكل مباشر في برنامج ضمن الحاسب.

4- نمط التشغيل المستمر بالسابر العمودي: إن نمط التشغيل هذا مشابه لنمط التشغيل السابق ولكن عمق الاختراق هنا لا يتجاوز ثلاثة أمتار، يوضح الشكل(55) الصورة التي ظهرت عند المسح المستمر بالسابر الشاقولي.



الشكل(55) الصورة التي تظهر عند المسح المستمر بالسابر الشاقولي[6]

5- نمط التشغيل النشط بحساس واحد: في هذا النمط من التشغيل والمسمى أيضاً نمط قياس المجال المغنطيسي يتم تنشيط حساس واحد فقط.

6- نمط التشغيل النشط بـ16حساس: يتم في هذا النمط تنشيط كل الحساسات في السابر.

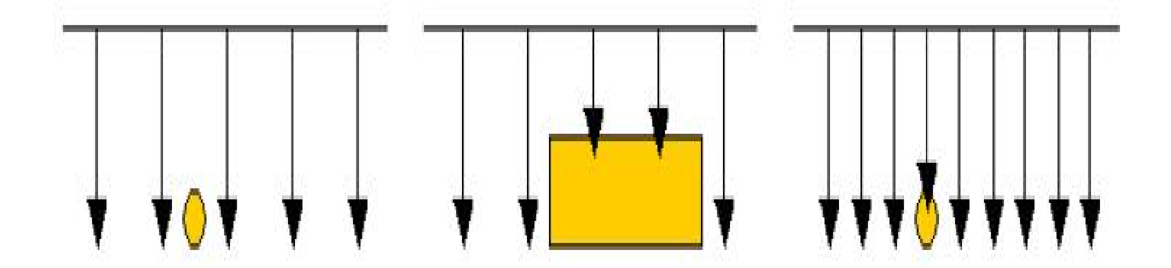
تنسيق عدد النبضات

يعتمد عدد النبضات على:

- مساحة المنطقة الممسوحة وهدف المسح .
- طول المنطقة الممسوحة .
- حجم الفجوات والتكهفات التي يتم البحث عنها.

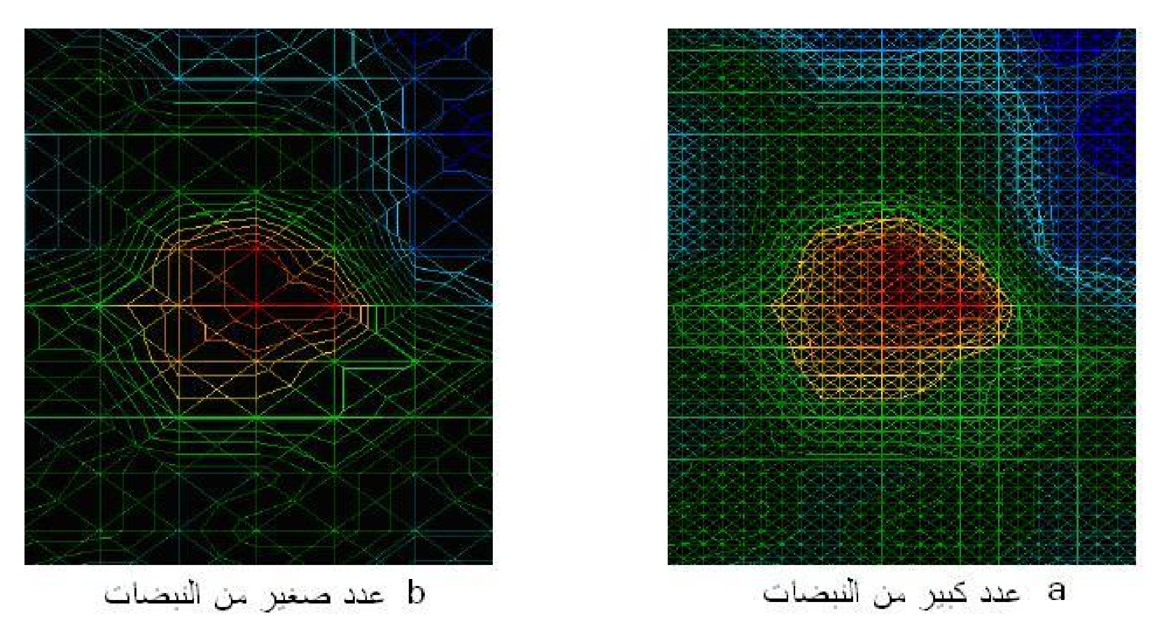
فمن أجل تمثيل الـ (graph) بدقة كبيرة على الحاسب يجب أن يتم أخذ المسافة الأصغر بين نبضتين متتاليتين وهي (30 سم).

وعندما كنا نبحث عن فجوات صغيرة بأبعاد لاتتجاوز عدة سنتيمترات فكنا نختار مسافة صغيرة بين النبضات وكنا نزيد هذه المسافة عند البحث عن تكهفات كبيرة، يوضح الشكل (56) علاقة المسافة بين عدد النبضات مع حجم الجسم.



الشكل (56)علاقة المسافة بين النبضات مع حجم الجسم[6]

نستنتج مما سبق أنه عندما نزيد عدد النبضات على نفس خط المسح فإن تفاصيل دقيقة وأجسام صغيرة يمكن ملاحظتها وتتبعها على الـ (graph)، يوضح الشكل(57) تأثير عدد النبضات على مقدار التغطية[7].



الشكل(57) تأثير عدد النبضات على مقدار التغطية[7]

كما نلاحظ إن التسجيل الثاني (الجانب الأيمن) تكون فيه عدد النبضات كثيرة جداً وبالتالي فإن تفاصيل دقيقة وأجسام صغيرة يمكن ملاحظتها وتتبعها على الـ(graph).

بناء على ماسبق تم وضع مخططات للمراكز الحكومية والشوارع التي تم اختيارها كأهداف لاتمام أعمال المسح الجيوفيزيائي لها وكان لتقانات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة لها الدور الأكبر في هذه المرحلة حيث تم أخذ القياسات الدقيقة للمساحات التي تم مسحها ولاتجاهات المسح الممكنة وبالتالي للزمن المحتمل استغراقه حتى يتم الانتهاء من هذه الأعمال. لقد تم إجراء مسح لجميع المراكز الحكومية في منطقة الدراسة إضافة لبعض الشوارع الهامة إلا أن الباحث ارتأى اختيار المدارس وبعض المراكز الحكومية وأحد الشوارع الهامة في منطقة الدراسة ليتم عرض طريقة ونتائج العمل الجيوفيزيائي في الرسالة لهما لسببين:

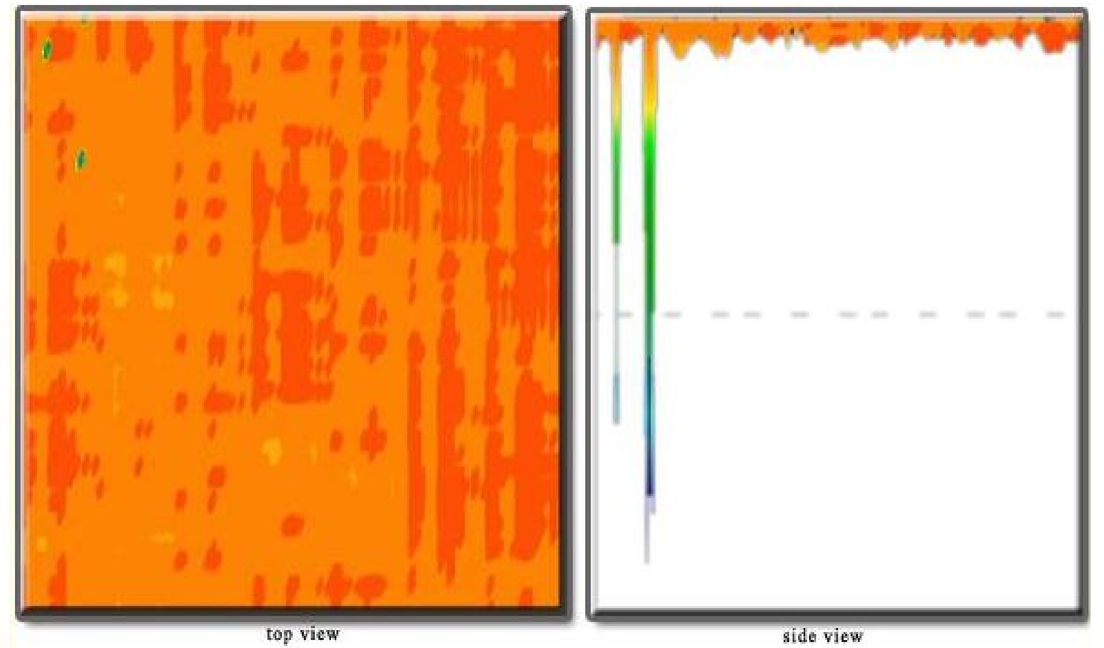
أولا: تفاديا لذكر الحجم الكبير للأعمال المنفذة.

ثانيا: طريقة توزع المدارس والتي بمجموعها تعتبر المعبر الأفضل عن وضع منطقة الدراسة.

5-2-2- مرحلة معالجة المعطيات Georadar Data processing

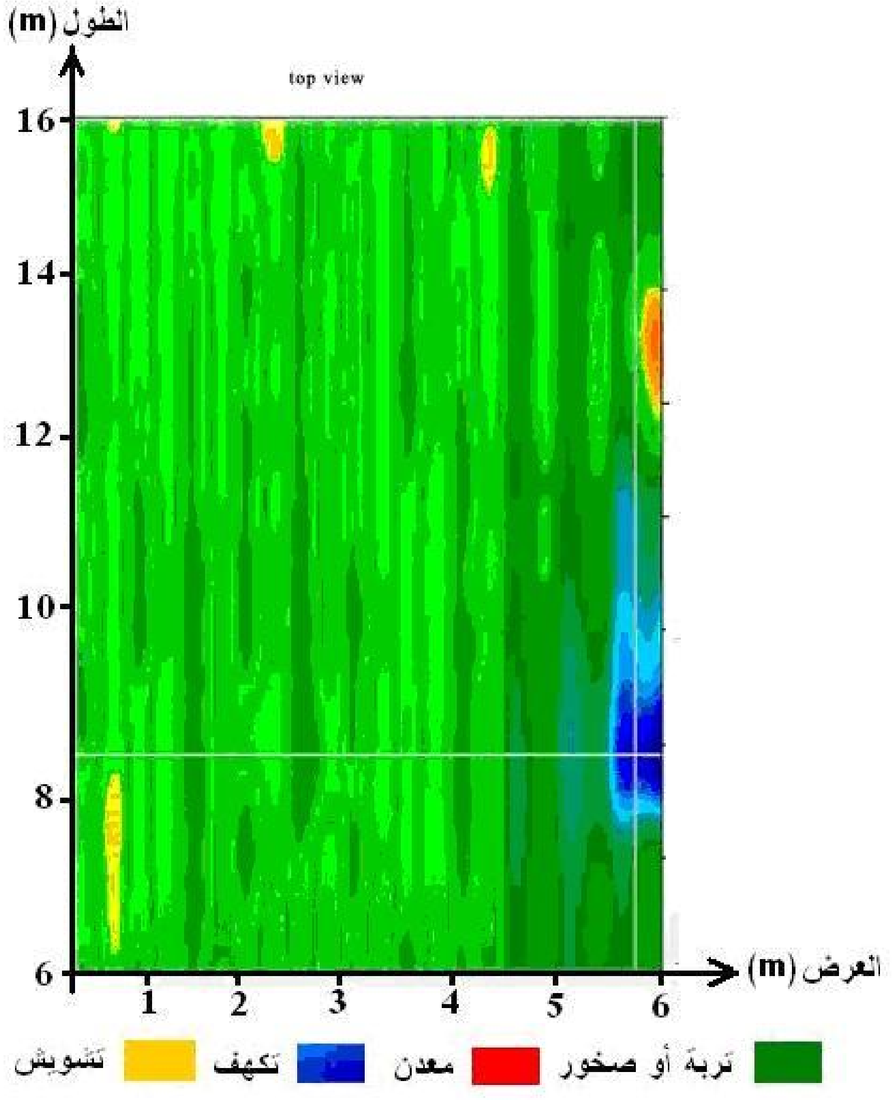
تم التخلص من بعض الصعوبات أثناء معالجة نتائج القياسات الحقلية نتيجة وجود كم هائل من التشويش الناتج عن أنابيب مياه الشرب والصرف الصحي وخصوصا في مواقع تسرب المياه من هذه الأنابيب، إضافة للتشويش الناتج عن وجود أسلاك الكهرباء والهاتف المطمورة والمعلقة. مما تطلب إجراء العديد من عمليات التصفية (Filtrations) والتصحيح (Correction) على الإشارات التي تم الحصول عليها لتحسين نسبة الإشارة المفيدة إلى الضجيج، هذا من ناحية ومن ناحية أخرى كان هناك صعوبات في اختيار المعاملات الصحيحة والقيم الدقيقة سواء من ناحية المستويات اللونية أو من ناحية عمليات الإملاء(Interpolations) وقد تم التوصل إلى نتائج مقبولة أثناء معالجة المعطيات.

وضعنا على الشكل (58) تسجيل جيوراداري قمنا به في ساحة بناء الأمن العسكري، يظهر من هذا التسجيل وجود تشويش حاد و تبين باستخدام طريقة المسح عالي التمييز وجود كبل للكهرباء تم المرور فوقه.



الشكل(58) تسجيل جيوراداري متأثر بتشويش الكبل الكهربائي

يوضح الشكل التالي (59) التسجيل الجيوراداري السابق بعد إجراء عملية المعالجة



الشكل(59) تسجيل جيورادراي بعد إجراء عملية المعالجة

5-2-3- مرحلة تفسير المعطيات : Georadar Data Interpretation

كانت المعرفة الجيدة لمنطقة الدراسة وظروفها الخاصة ومصادر التشويش فيها من الأسباب التي أدت إلى نتائج إيجابية لدى تفسير التسجيلات الجيورادارية، حيث تم كشف التكهفات التالية:

1- تكهفات وتشققات صغيرة تتراوح أبعادها بين 8 سم وحتى 50 سم .

2- تكهفات وتشققات متوسطة أبعادها بين 50 سم وحتى 200 سم .

3- تكهفات كبيرة تصل أحياناً حتى بضعةأمتار طولاً وعرضاً .

بنتيجة عملية التفسير تم وضع مخطط عام لمواقع التكهفات المكتشفة إضافة لمواقع الانهيارات التي حدثت قبل وأثناء وبعد مراحل التفسير، الأشكال(60) و(61) و(62). كما وضعنا مخططات تفصيلية بمقياس كبير للمدارس وبعض المواقع الأخرى تظهر عليها مواقع التكهفات المكتشفة والبرفيلات المساحية التي تم إجراء

المسح وفقها، مسبوقة بشرح مفصل عن كل تسجيل جيوراداري تم فيها.



الشكل(60) انهيار مقابل بناء بلدية رأس العين حدث قبل إجراء الدراسة



الشكل(61) بعض الانهيارات الكارسية المكتشفة و التي حدثت أثناء عملية التفسير

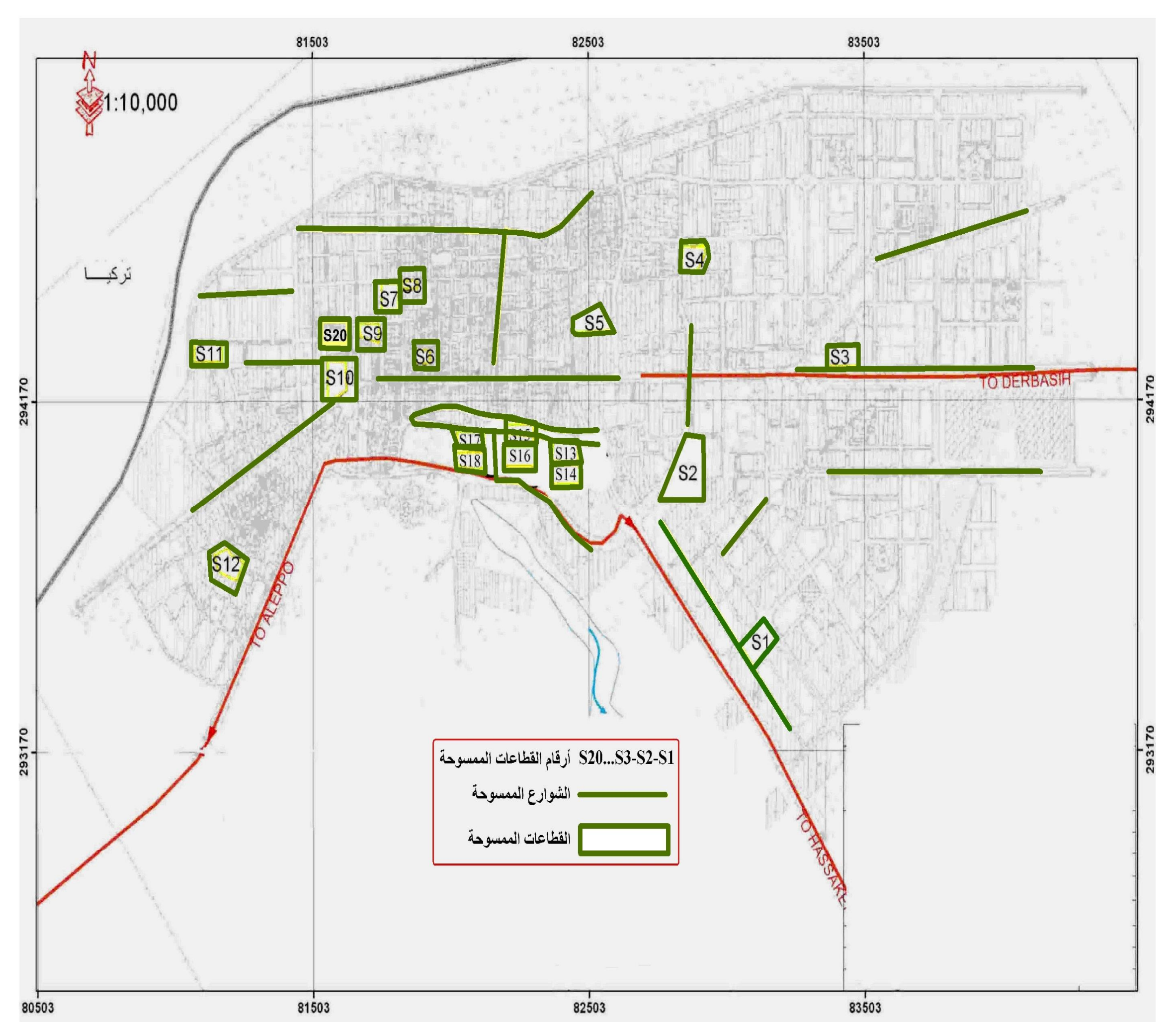




الشكل(62) بعض الانهيارات الكارسية المكتشفة و التي حدثت بعد عملية التفسير

5-2-3-1- نتائج تفسير بعض المواقع المدروسة

وجدنا أنه من الأنسب في هذا البحث ذكر بعض المراكز الحكومية التي تمت دراستها ولذلك اخترنا المدارس وبعض المراكز الحكومية وأحد الشوارع الهامة، حيث أن طريقة توزعها تعبر بشكل جيد عن وضع منطقة الدراسة. ويوضح الشكل(63) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي لبعض القطاعات.



الشكل(63) خريطة حدود المسح الجيوفيزيائي لبعض القطاعات

1. **مدرسة الشهيد خضر الدريعي (قطاع-S1):** نفذنا في هذه المدرسة (5) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي كما في الجدول (6).

القطاع S1			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	20	2
2	مساحي	20	3
3	مساحي	40	2
4	مساحي	14	2
5	مساحي	28	3

الجدول(12) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S1

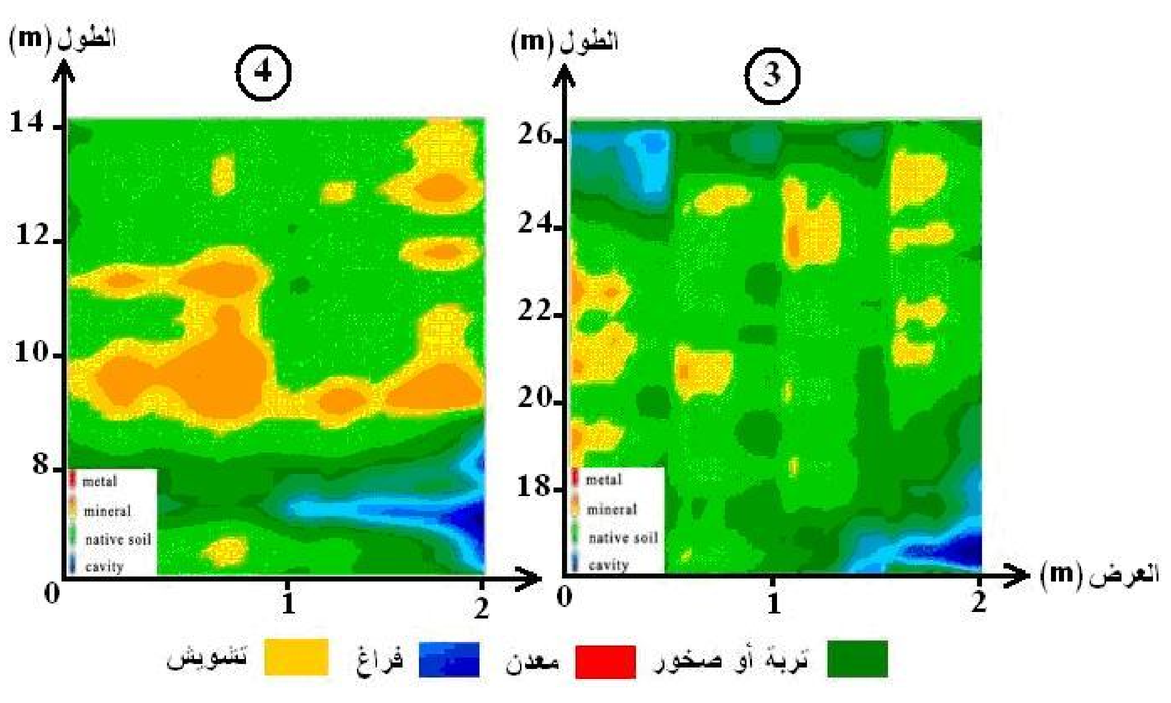
بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم ملاحظة وجود تكهفين كما هو مبين في الجدول (13).

القطاع S1			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
3	1.5	0.6	9
4	1.5	0.5	3

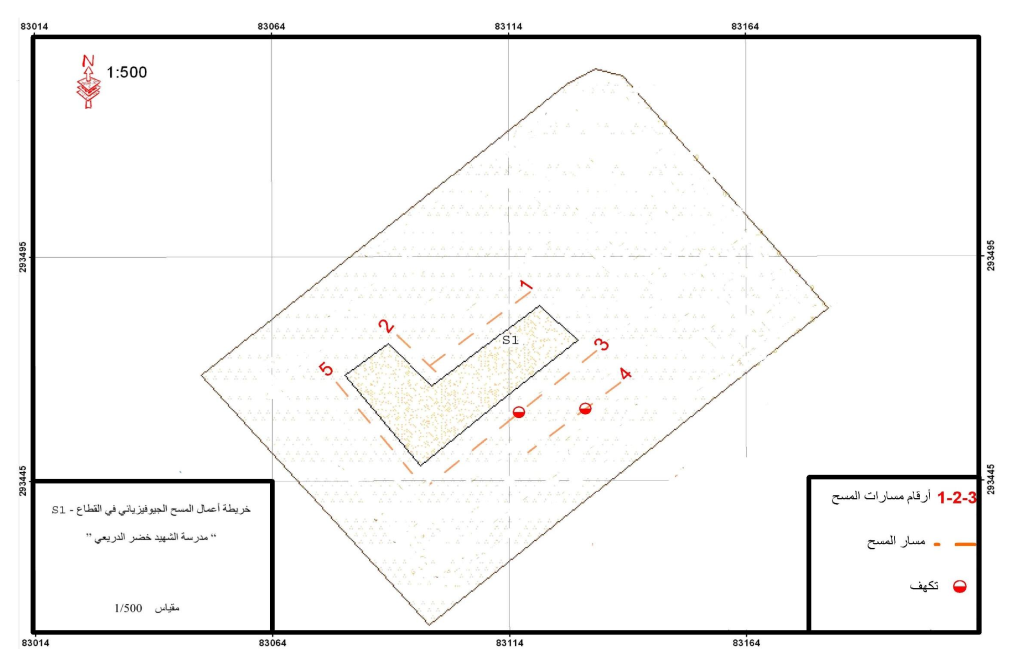
الجدول (13) التكهفات المكتشفة في القطاع S1

يوضح الشكل(64) ظهور التكهفين على التسجيل الجيوراداري المساحي.

ويوضح الشكل(65) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S1).



الشكل(64) شكل التكهفين على التسجيل الجيوراداري المساحي



الشكل(65) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S1)

2. مدرسة الخابور الصناعية (قطاع-S2): نفذنا في هذه المدرسة (11) تسجيلا جيوراداريا من النوع المساحي والتمييز العالي ووضعنا النتائج في الجدول التالي:

القطاع S2			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	تمييز عالي	27	0.5
2	تمييز عالي	50	0.5
3	تمييز عالي	45	0.5
4	مساحي	25	2.5
5	تمييز عالي	35	0.5
6	مساحي	31	3
7	مساحي	25	2.5
8	تمييز عالي	40	0.5
9	تمييز عالي	40	0.5
10	تمييز عالي	10	0.5
11	مساحي	36	3

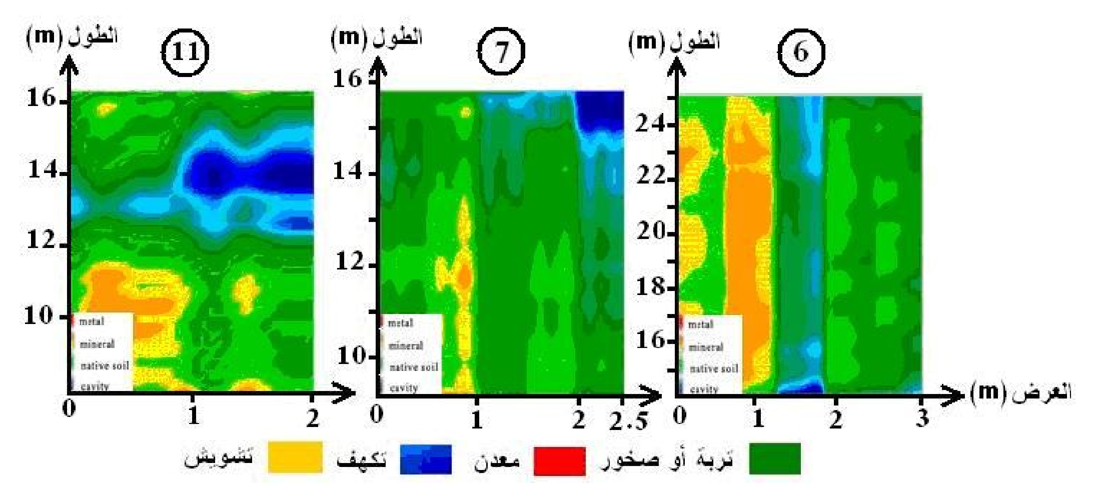
الجدول(14) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S2

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية السابقة تم اكتشاف عدة تكهفات بينا صفاتها في الجدول التالي:

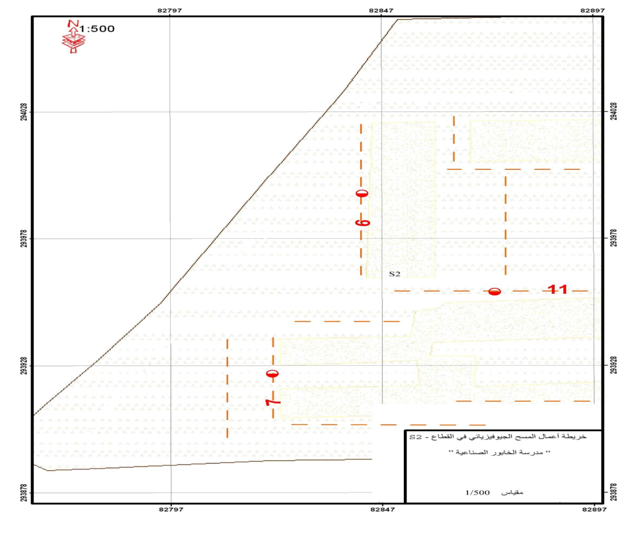
القطاع S2			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
6	0.6	0.5	2.5
7	1	0.5	3
11	1.5	1	4

الجدول (15) التكهفات المكتشفة في القطاع S2

يوضح الشكل (66) التكهفات على التسجيلات الجيورادارية ويوضح الشكل (67) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع (S2).



الشكل(66) شكل التكهفات على التسجيل الجيوراداري المساحي



الشكل(67) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S2)

3. **مدرسة المحدثة(قطاع-S3):** تم تنفيذ في هذه المدرسة (4) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي و(3) تسجيلات جيورادارية من نوع التمييز العالي وعرضناها في الجدول التالي:

القطاع S3			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	21	2
2	مساحي	24	1.5
3	مساحي	18	2
4	مساحي	16	3
5	تمييز عالي	16	0.5
6	تمييز عالي	16	0.5
7	تمييز عالي	16	0.5

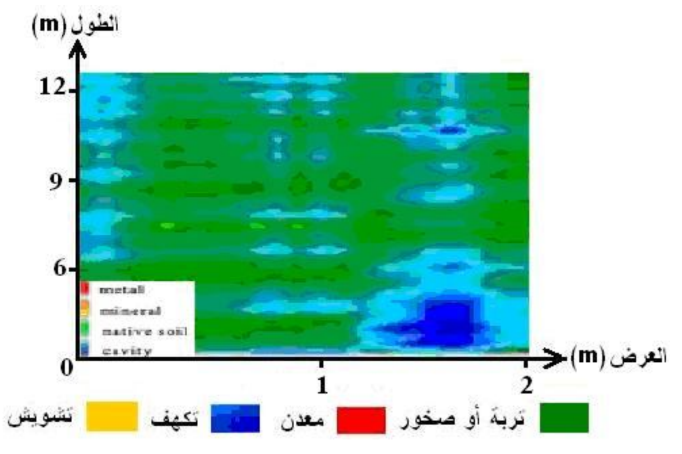
الجدول(16) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S3

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم ملاحظة وجود تكهف وحيد مبين بالجدول التالي:

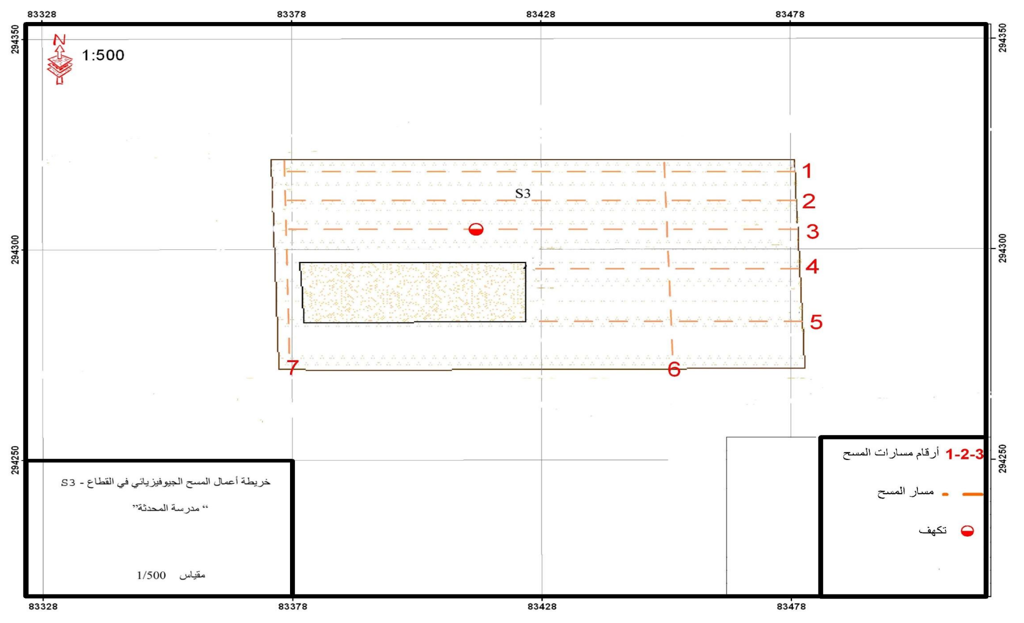
القطاع S3			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
3	2.5	0.6	6

الجدول (17) التكهفات المكتشفة في القطاع S3

يوضح الشكل(68) شكل التكهف على التسجيل الجيوراداري المساحي ويوضح الشكل(69) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S3).



الشكل(68) شكل التكهف على التسجيل الجيوراداري المساحي



الشكل(69) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S3)

4. **مدرسة الشهيد محمود الشيخ محمود(قطاع-S4):** نفذنا في هذه المدرسة (3) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي على الشكل التالي:

القطاع S4			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	29	3
2	مساحي	37	2.5
3	مساحي	30	3

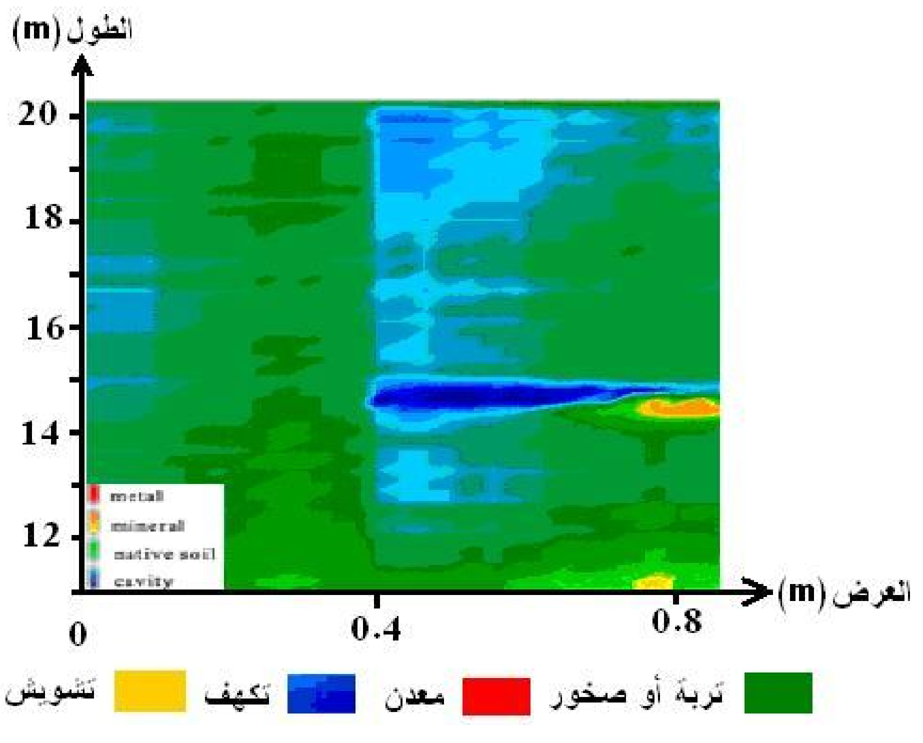
الجدول(18) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S4

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم كشف وجود تكهف وحيد بينا صفاتها بالجدول التالي:

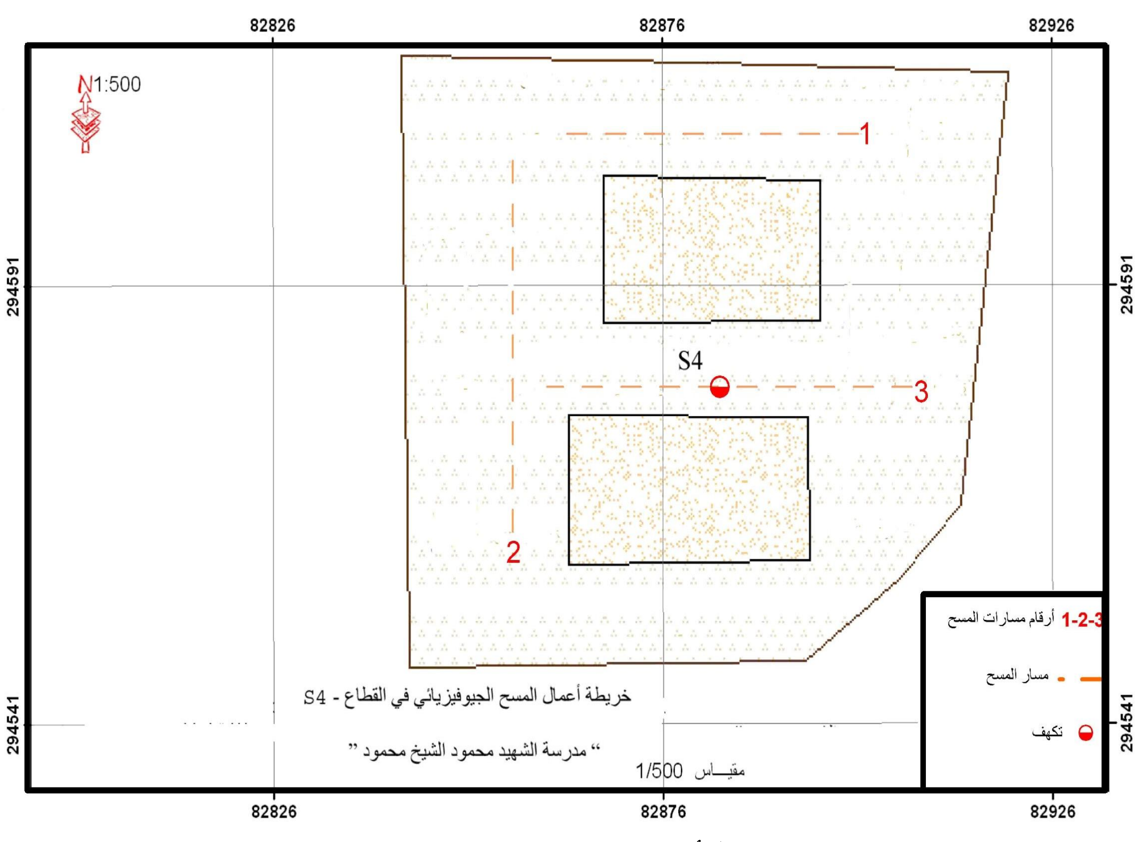
القطاع S4			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
3	0.5	0.4	4

الجدول (19) التكهفات المكتشفة في القطاع S4

يوضح الشكل(70) التكهف المكتشف والشكل(71) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S4).



الشكل(70) شكل التكهف على التسجيل الجيوراداري المساحي في القطاع(S4)



الشكل(71) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S4)

5. **مدرسة الغافقي (قطاع-S5)**: نفذنا في هذه المدرسة (6) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي على الشكل التالي:

القطاع S5			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	26	2
2	مساحي	30	2
3	مساحي	23	2
4	مساحي	8	2.5
5	مساحي	7.5	2
6	مساحي	35	2

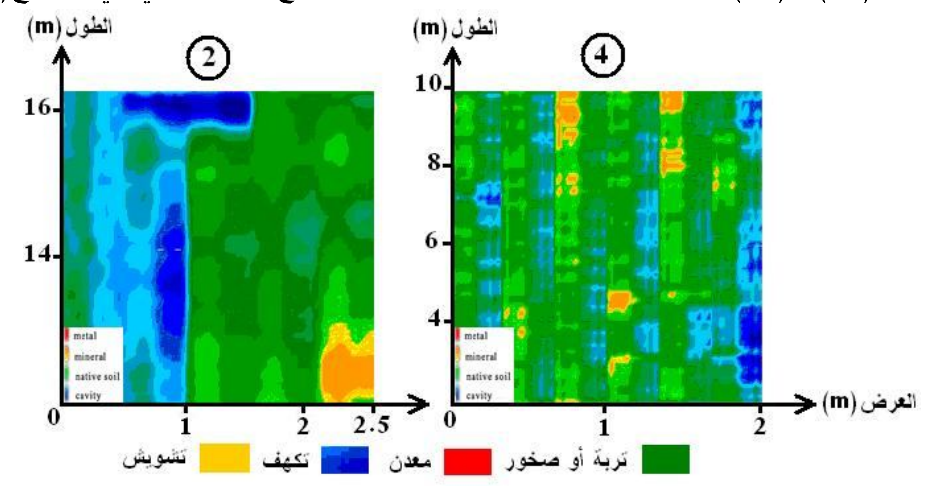
الجدول(20) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S5

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم اكتشاف وجود ثلاثة تكهفات بيناها في الجدول التالي:

القطاع S5			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
2	2	1	3.5
2	1.5	1.3	3.75
4	2	1.7	4

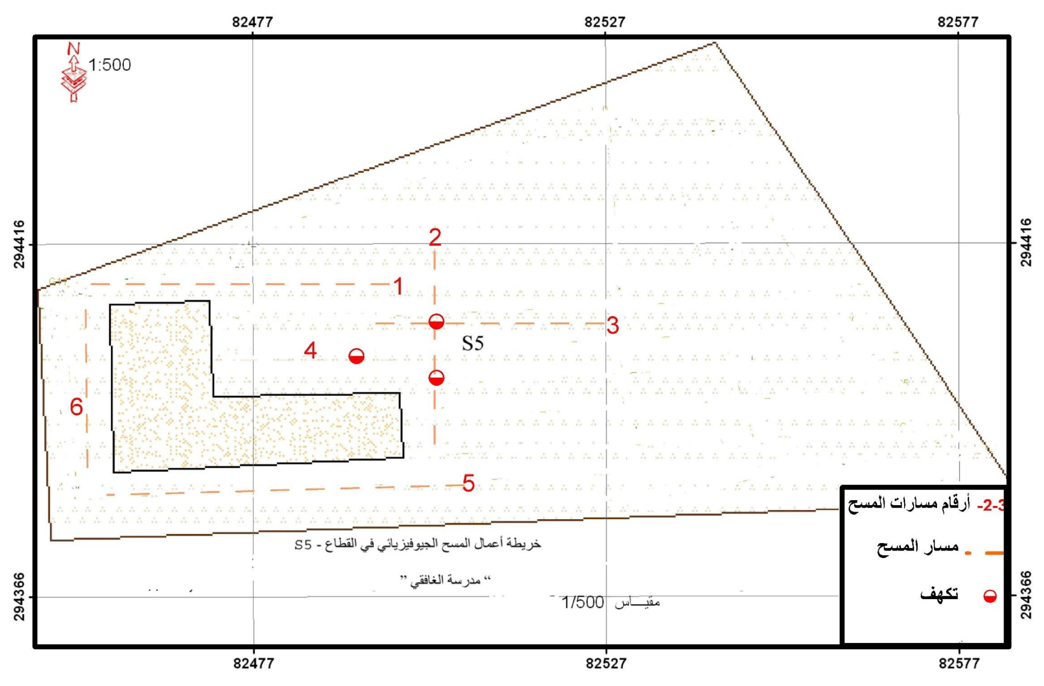
الجدول (21) التكهفات المكتشفة في القطاع S5

يوضح الشكلين(72) و(73) التكهفات المكتشفة وخريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S5).





الشكل(72) شكل التكهفات على التسجيل الجيوراداري المساحي في القطاع(S5).



الشكل(73) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S5)

6. مدرسة قطف الزهور (قطاع-S6): نفذنا في هذه المدرسة (4) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي على الشكل التالي:

القطاع S6			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	25	2.5
2	مساحي	17	2
3	مساحي	23	2
4	مساحي	17	2.5

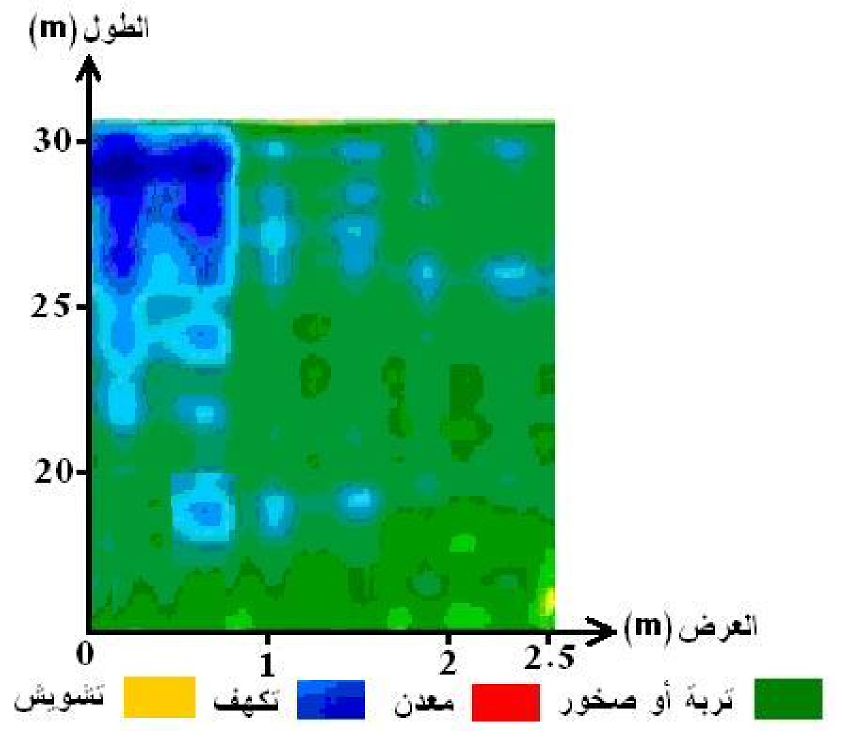
الجدول(22) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S6

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم ملاحظة وجود تكهف وحيد مبين في الجدول التالي:

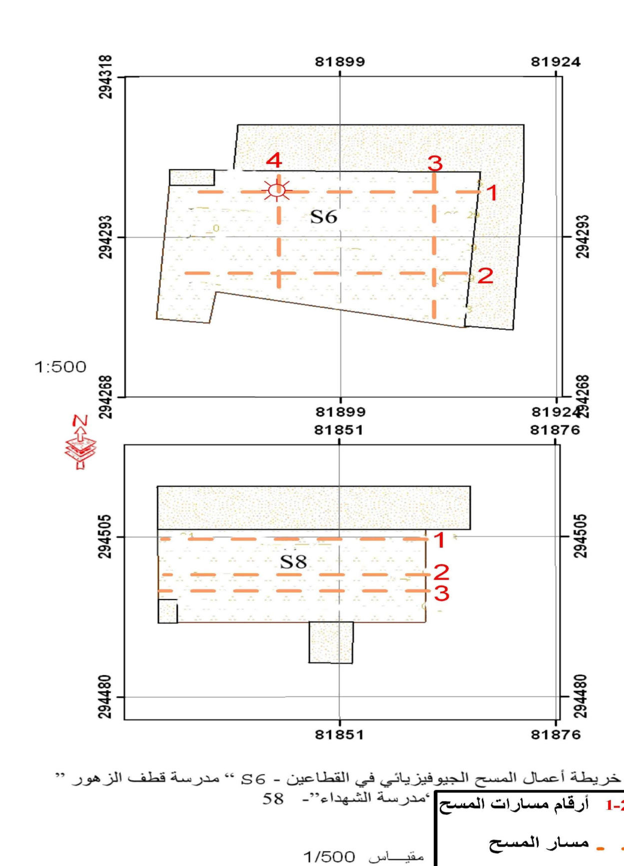
القطاع S6			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
1	5	0.6	1.5

الجدول (23) التكهفات المكتشفة في القطاع S6

يوضح الشكلين(74) و(75) التكهفات المكتشفة وخريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S6).



الشكل(74) شكل التكهفات على التسجيل الجيوراداري المساحي في القطاع(S6).



الشكل(75) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S6)

7. مدرسة الأمل (قطاع-S7): نفذنا في هذه المدرسة تسجيلين جيوراداريين من نوع التمييز عالي وتسجيل واحد من النوع المساحي على الشكل التالي:

القطاع S7			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	24	3.5
2	تمييز عالي	24	0.5
3	تمييز عالي	24	0.5

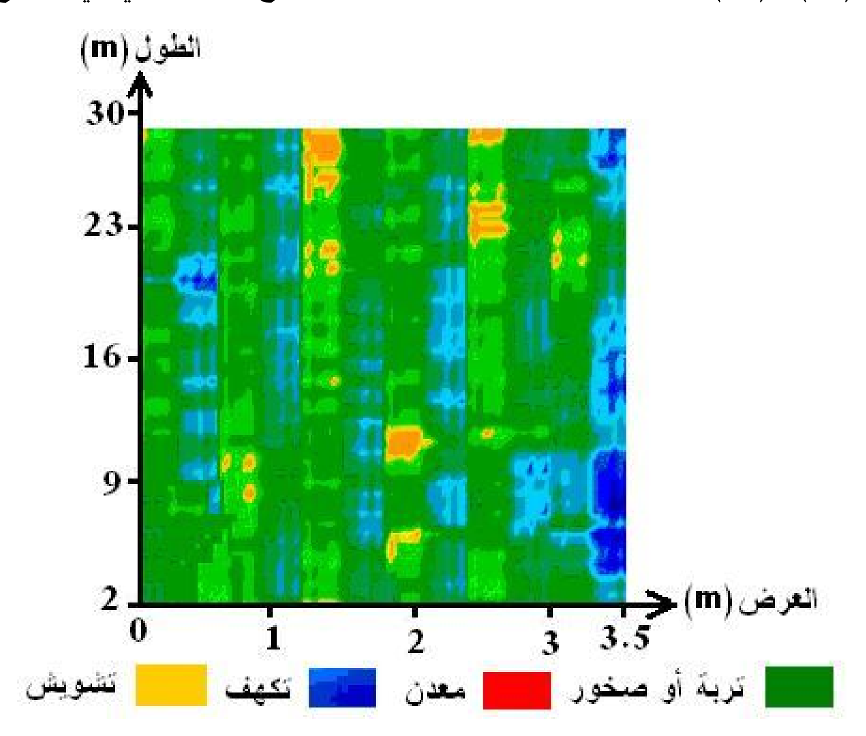
الجدول(24) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S7

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم ملاحظة وجود تكهف وحيد مبين بالجدول التالي:

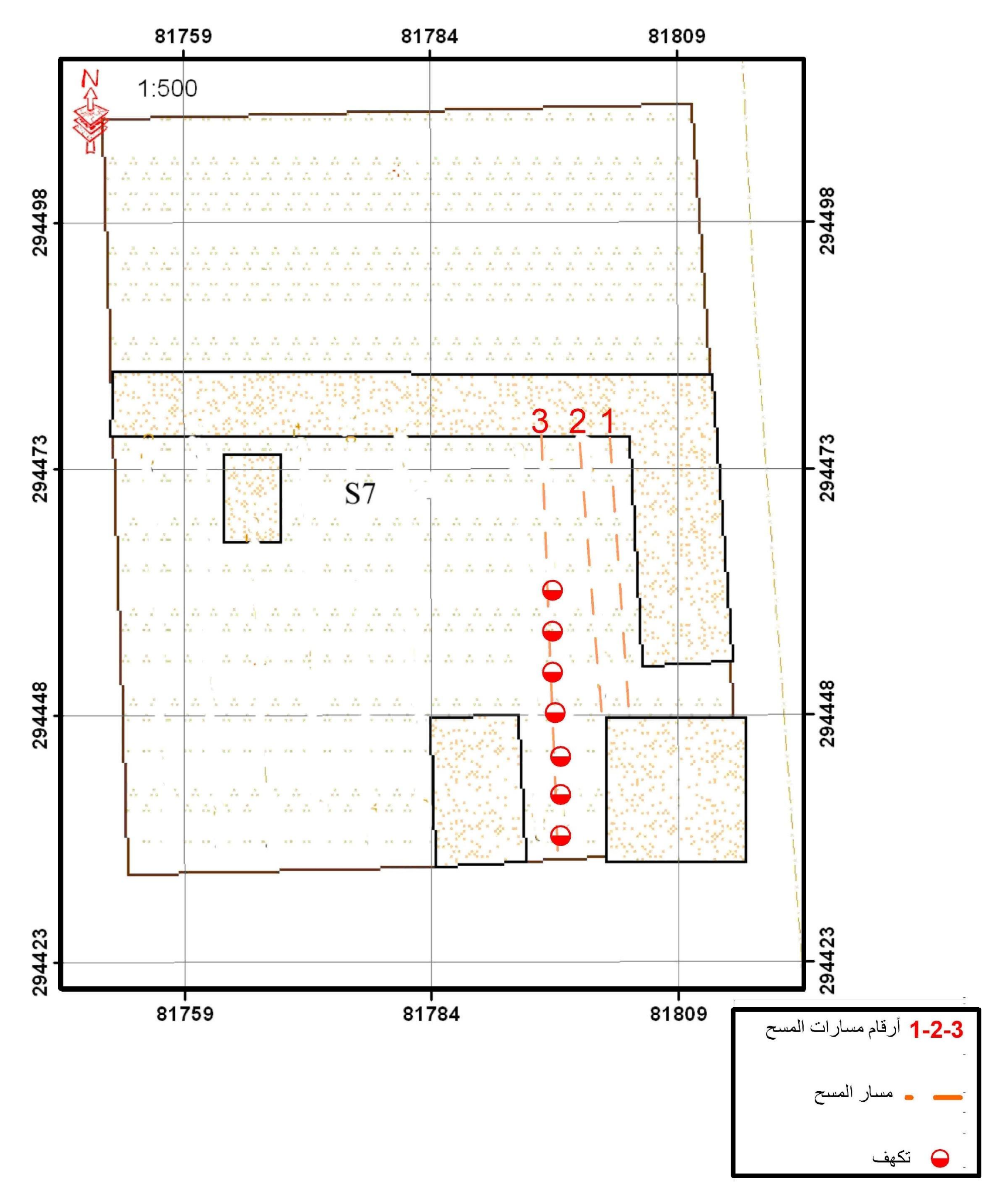
القطاع S7			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
1	14	0.5 - 0.2	5

الجدول (25) التكهفات المكتشفة في القطاع S7

يوضح الشكلين(76) و(77) التكهفات المكتشفة وخريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S7).



الشكل(76) شكل التكهفات على التسجيل الجيوراداري المساحي في القطاع(S7).



الشكل(77) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي مدرسة الأمل في القطاع(S7)

8. مدرسة الشهداء (قطاع-S8): نفذنا في هذه المدرسة (3) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي على الشكل التالي:

القطاع S8			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	20	2.5
2	مساحي	20	2
3	مساحي	20	2

الجدول(26) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S8

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية لم يتم ملاحظة وجود تكهفات.

9. مدرسة العفاف (قطاع-S9): نفذنا في هذه المدرسة (6) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي على الشكل التالي:

القطاع S9			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	18.5	3
2	مساحي	18	2.5
3	مساحي	33	2
4	مساحي	22	2
5	مساحي	13	2
6	مساحي	20	1.5

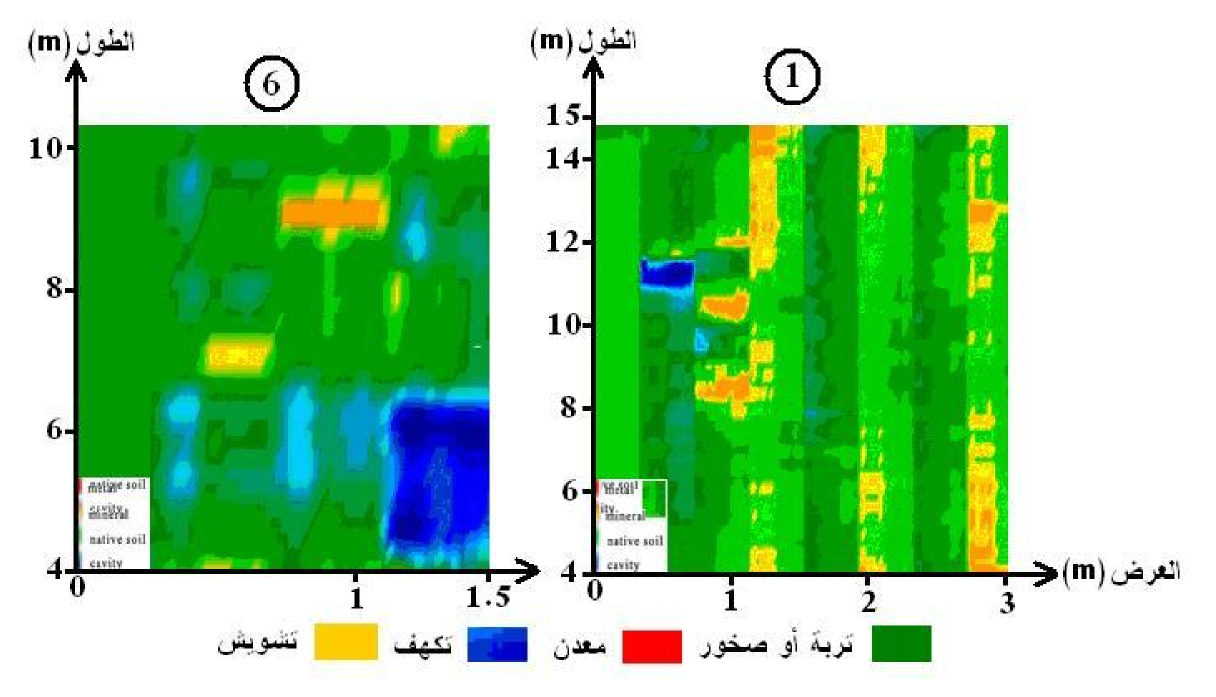
الجدول(27) التسجيلات الجيورادارية في القطاع (S9)

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم ملاحظة وجود تكهفين مبينين بالجدول التالي:

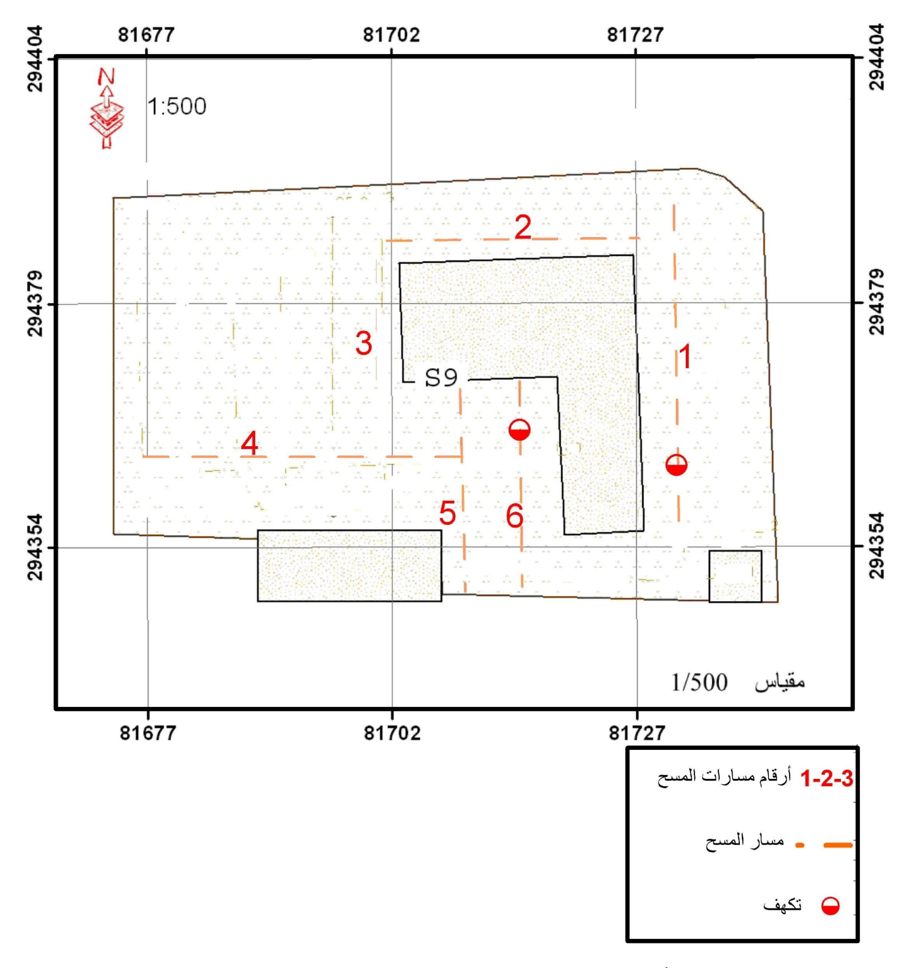
القطاع S9			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
1	0.6	0.5	6
6	2.5	0.5	8

الجدول (28) التكهفات المكتشفة في القطاع S9

يوضح الشكلين(78) و(79) التكهفات المكتشفة وخريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S9).



الشكل(78) شكل التكهفين على التسجيل الجيوراداري المساحي في القطاع (S9)



الشكل(79) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي مدرسة العفاف في القطاع (S9)

10. مدرسة ابن خلدون (قطاع-S10): نفذنا في هذه المدرسة (4) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي وتسجيل واحد من نوع التمييز العالي على الشكل التالي:

القطاع S10			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	23	2.5
2	مساحي	25	1.5
3	مساحي	25	1.5
4	تمييز عالي	25	0.5
5	مساحي	25	1.5

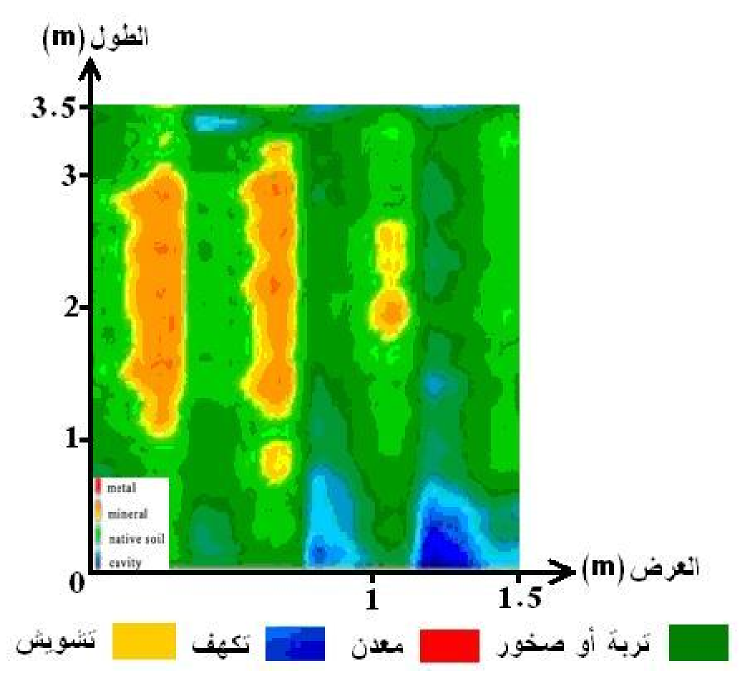
الجدول(29) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S10

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم ملاحظة وجود تكهف وحيد مبين بالجدول التالي:

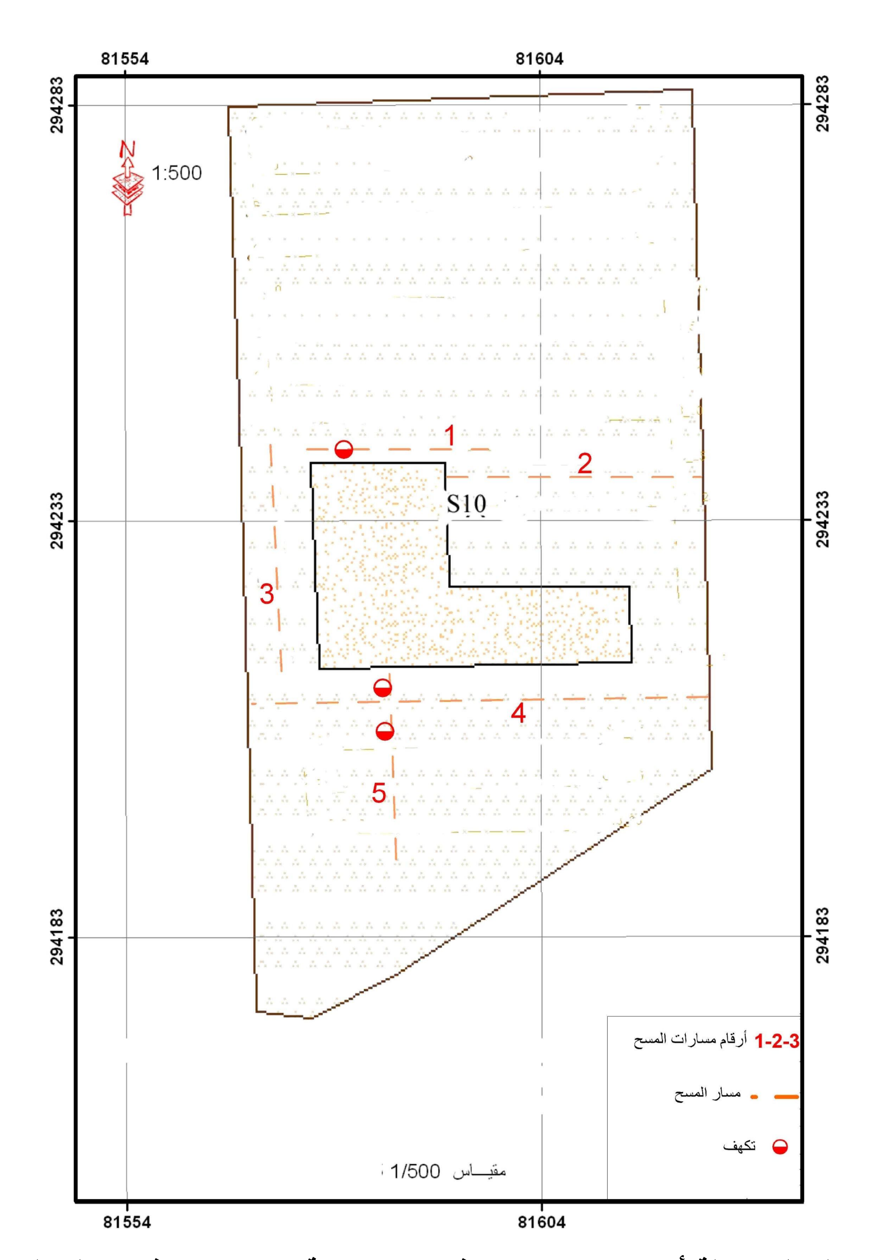
القطاع S10			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
5	0.7	0.5	3

الجدول (30) التكهفات المكتشفة في القطاع S10

يوضح الشكلين(80) و(81) التكهفات المكتشفة وخريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S10).



الشكل(80) شكل التكهف على التسجيل الجيوراداري المساحي في القطاع(S10).



الشكل(81) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي مدرسة ابن خلدون في القطاع(S10)

11. مدرسة عبد الكريم كوسا (قطاع-S11): نفذنا في هذه المدرسة (3) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي على الشكل التالي:

القطاع S11			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	16	3.5
2	مساحي	16	1.5
3	مساحي	24	3

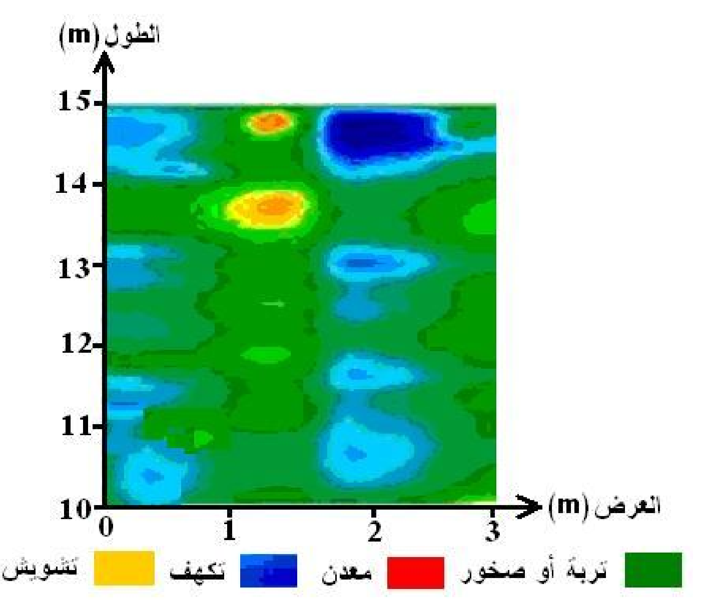
الجدول(31) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S11

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تبين وجود عدة فجوات صغيرة وبعض المجاري الضيقة على هيئة شقوق كما تم تحديد وجود تكهف وحيد مبين بالجدول التالي:

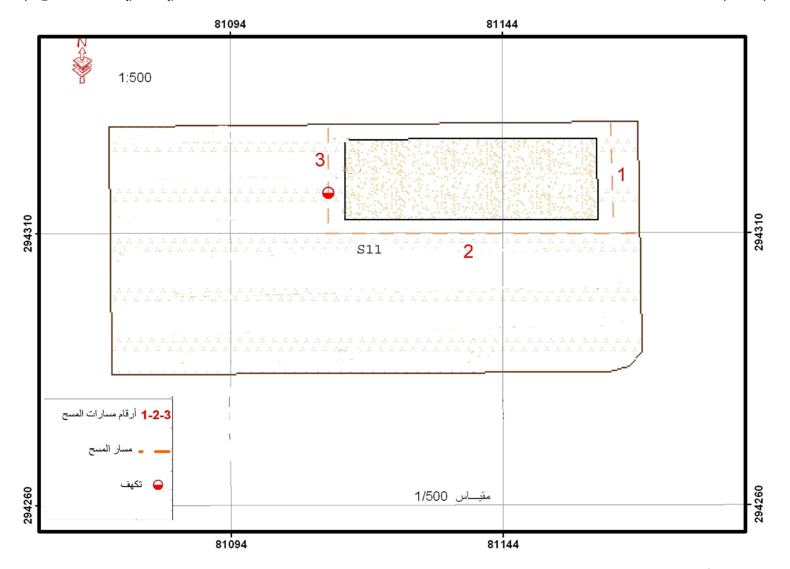
القطاع S11			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
3	0.8	0.4	3

الجدول (32) التكهفات المكتشفة في القطاع S11

يوضح الشكلين(82) و(83) التكهفات المكتشفة وخريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S11).



الشكل(82) شكل التكهف على التسجيل الجيوراداري المساحي في القطاع(S11).



الشكل(83) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي مدرسة الشيخ عبد الكريم كوسا في القطاع(S11)

12. مدرسة الشهيد سالم المرعي(قطاع–S12): نفذنا في هذه المدرسة (4) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي على الشكل التالي:

القطاع S12			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	12	6
2	مساحي	12	7
3	مساحي	12	6
4	مساحي	12	4

الجدول(33) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S12

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية لم يتم ملاحظة وجود تكهفات.

13. مدرسة سلمان الفارسي (قطاع–S13): نفذنا في هذه المدرسة (4) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي على الشكل التالي:

القطاع S13			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	15	6
2	مساحي	12	7
3	مساحي	8	2
4	مساحي	10	4

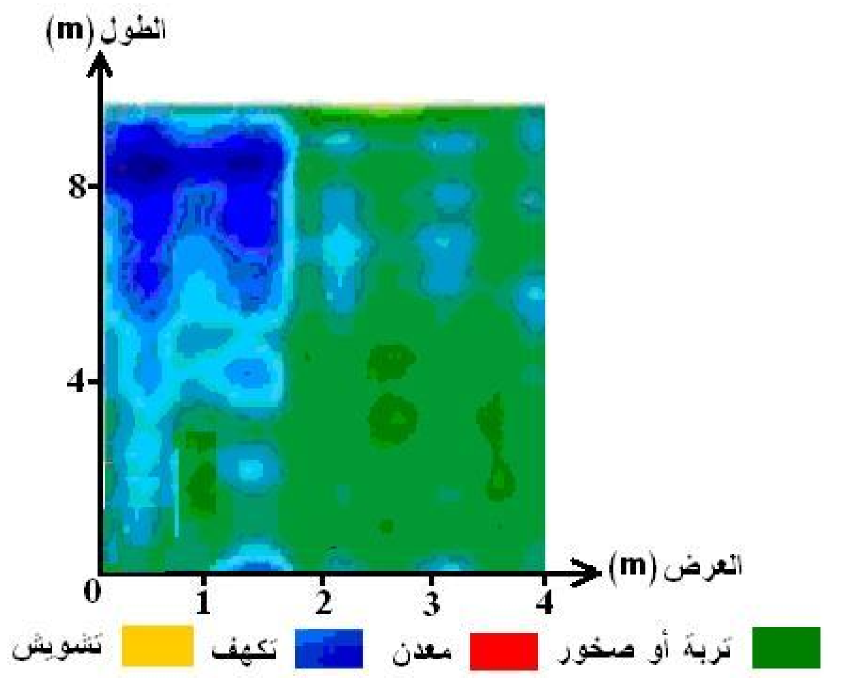
الجدول(34) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S13

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم ملاحظة وجود تكهف وحيد مبين بالجدول التالي:

القطاع S13			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
4	4	1.7	11

الجدول (35) التكهفات المكتشفة في القطاع S13

يوضح الشكلين(84) و(85) التكهفات المكتشفة وخريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S13).



الشكل(84) شكل التكهف على التسجيل الجيوراداري المساحي في القطاع(S13).



الشكل(85) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاعات(S13-S18)

وقد قامت المؤسسة العامة للجيولوجيا بحفر بئرا قريبا من هذا الموقع وكانت نتائج الحفر كما يلي:

العمق (م)	سماكة الطبقة (م)	ناتج الحفر
3	3	تربة زراعية
4.5	1.5	غضار طري
7	2.5	غضار طري جداً
11.5	4.5	مارل طري
15	3.5	طبقة إيل أسود طري غني بالقواقع الرباعية ذو رائحة مستنقعية وفي نهايتها قشرة كلسية رقيقة
22	7	تكهف كامل
24	2	حجر كلسي مكهف (نهاية الحفر)

الجدول (36) نتائج حفر البئر في القطاع S13

14. مدرسة الرازي (قطاع-S14): نفذنا في هذه المدرسة (10) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي و(2) تسجيلين من نوع التمييز العالي على الشكل التالي:

القطاع S14			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	10	3
2	مساحي	10	2
3	تمييز عالي	10	0.5
4	مساحي	20	6
5	تمييز عالي	7	0.5
6	مساحي	20	5
7	مساحي	20	4
8	مساحي	30	4
9	مساحي	30	2.5
10	مساحي	20	6
11	مساحي	10	3
12	مساحي	10	4

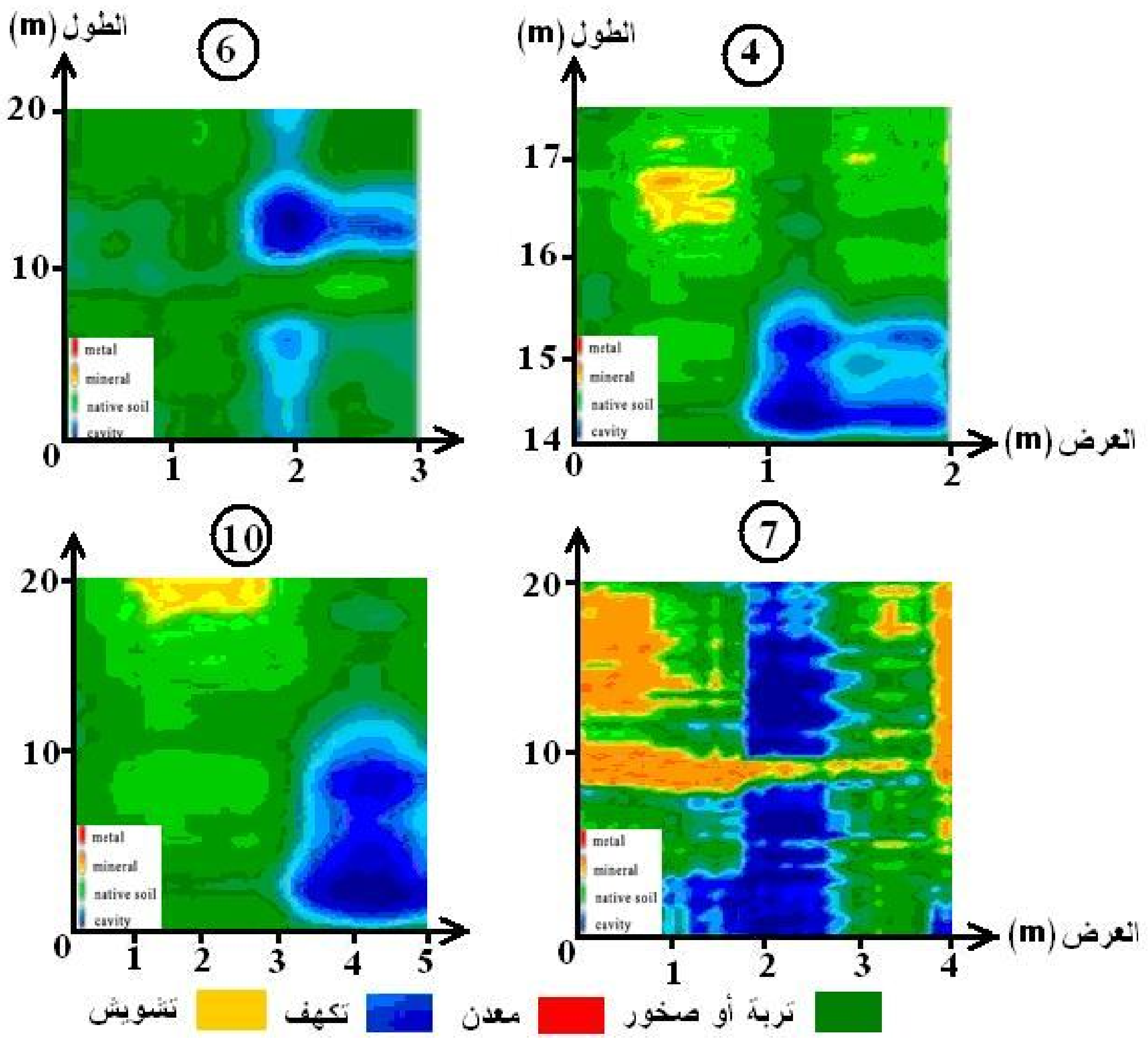
الجدول(37) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S14

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم ملاحظة وجود أربعة تكهفات مبينة في الجدول التالي:

القطاع S14			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
4	1.5	0.7	6
6	5	1.5	8.5
7	20	1−0.5	6
10	10	1.8	5.4

الجدول (38) التكهفات المكتشفة في القطاع S14

يوضح الشكلين(86) و(85) التكهفات المكتشفة وخريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S14).



الشكل(86) شكل التكهفات على التسجيل الجيوراداري المساحي في القطاع(S14).

15. مدرسة الفنون النسوية (قطاع-S15): نفذنا في هذه المدرسة (5) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي و(2) تسجيلين من نوع التمييز العالي على الشكل التالي:

القطاع S15			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	20	8
2	مساحي	20	7
3	تمييز عالي	10	0.5
4	مساحي	10	10
5	تمييز عالي	7	0.5
6	مساحي	5	3.5
7	مساحي	5	3.5

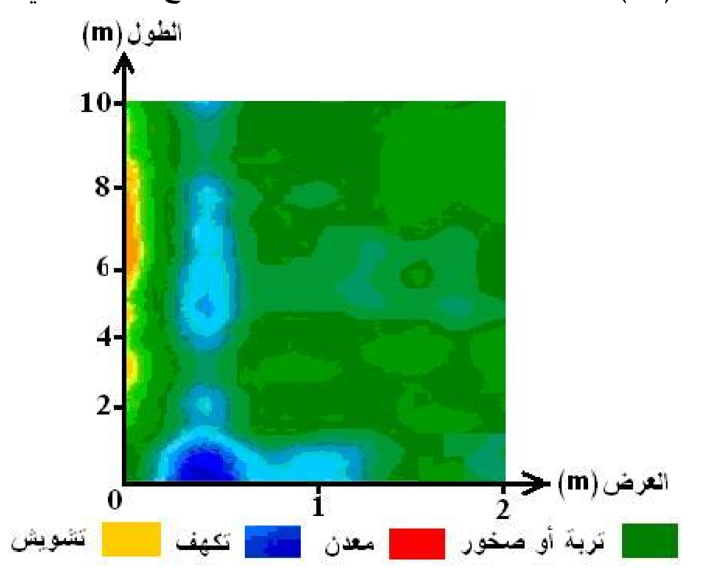
الجدول(39) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S15

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم ملاحظة وجود تكهف وحيد مبين بالجدول التالي:

القطاع S15			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
4	1.5	0.5	6

الجدول (40) التكهفات المكتشفة في القطاع S15

يوضح الشكلين(87) و(85) التكهفات المكتشفة وخريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S15).



الشكل(87) شكل التكهفات على التسجيل الجيوراداري المساحي في القطاع(S15).

16. مدرسة عمير الأنصاري (قطاع-S16): نفذنا في هذه المدرسة (3) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي وتسجيل واحد من نوع التمييز العالي كما تم إجراء مسح مستمر على كامل محيط المدرسة على الشكل التالي:

القطاع S16			
رقم التسجيل	ع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	10	2
2	مساحي	10	2
3	مساحي	12	2
4	تمييز عالي	12	0.5

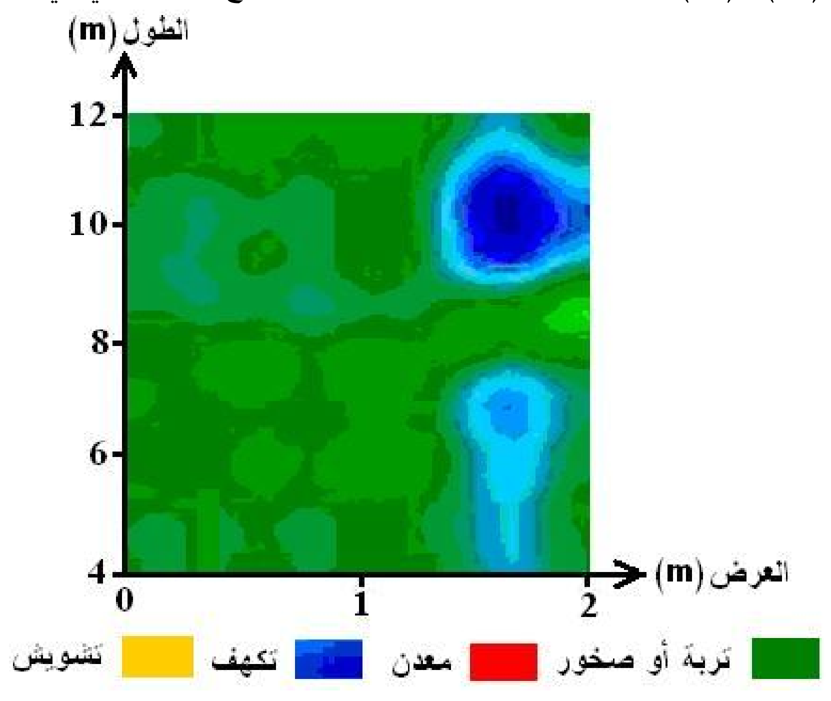
الجدول(41) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S16

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم ملاحظة وجود تكهف وحيد مبين بالجدول التالي:

القطاع S16			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
3	2	0.7	8.5

الجدول (42) التكهفات المكتشفة في القطاع S16

يوضح الشكلين(88) و(85) التكهفات المكتشفة وخريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S16).



الشكل(88) شكل التكهفات على التسجيل الجيوراداري المساحي في القطاع(S16).

17. مدرسة الشهيد كيفورك (قطاع-S17):نفذنا في هذه المدرسة (11) تسجيل جيوراداري من النوع المساحي كما تم تنفيذ (4) تسجيلات جيورادارية من نوع التمييز العالي على الشكل التالي:

القطاع S17			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	10	5.5
2	مساحي	7	5.5
3	تمييز عالي	10	0.5
4	مساحي	7	5.5
5	تمييز عالي	7	0.5
6	مساحي	7	5.5
7	مساحي	6.5	6
8	مساحي	6.5	6
9	تمييز عالي	6.5	0.5
10	مساحي	8	7.5
11	تمييز عالي	8	0.5
12	مساحي	8	7.5
13	مساحي	9	6
14	مساحي	9	6
15	مساحي	11	2.5

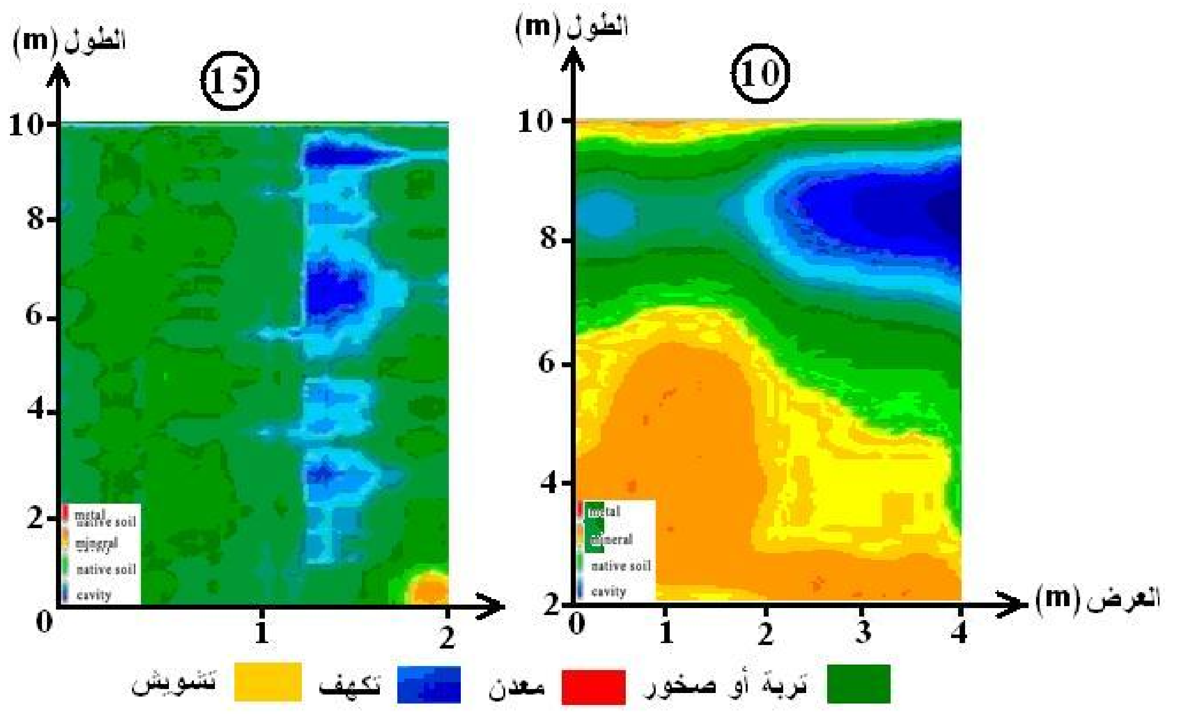
الجدول(43) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S17

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم ملاحظة وجود تكهفين مبينين بالجدول التالي:

القطاع S17			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
10	3	1.5	4.5
15	5	1	4.4

الجدول (44) التكهفات المكتشفة في القطاع S17

يوضح الشكلين(89) و(85) التكهفات المكتشفة وخريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S17).



الشكل(89) شكل التكهفات على التسجيل الجيورادراي المساحي في القطاع(S17).

18. المستوصف المدرسي (قطاع-S18): نفذنا في هذا الموقع مسح مستمر في محيطه ولم يتم ملاحظة وجود تكهفات.

19. محيط المواقع التالية (قطاع-S19):

(منزل مدير المنطقة- مخفر شرطة المركز-الجيش الشعبي-البلدية-صالة بيع المستهلك)

نفذنا في هذه الشوارع (63) تسجيل جيورادراي من النوع المساحي إلا أننا سنذكر فقط التسجيلات التي أظهرت وجود تكهفات كما في الجدول(45).

القطاع S19			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	20	7
2	مساحي	20	7
3	مساحي	20	3.5
4	مساحي	20	3
5	مساحي	20	3
6	مساحي	20	3
7	مساحي	20	2
8	مساحي	20	4
9	مساحي	20	3.5
10	مساحي	20	7.5

الجدول(45) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S19

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم ملاحظة وجود عشرة تكهفات مبينة بالجدول التالي:

القطاع S19			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
1	2	1.5	4.5
2	1	1	5
3	3	0.5	6
4	1.5	1	10
5	2	1	5
6	7	2	9
7	2	0.5	4
8	5	2	8
9	3	0.5	8
10	2	0.5	5

الجدول (46) التكهفات المكتشفة في القطاع S19

يوضح الشكلين(90) و(91) التكهفات المكتشفة وخريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S19).

تربة أو صخور معدن تكهف تشويش

الشكل(90) شكل التكهفات على التسجيل الجيوراداري المساحي في القطاع(S19).



الشكل(91) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S19)

20. مفرزة الأمن العسكري (قطاع-S20):

نفذنا في هذه الشوارع(4) تسجيلات جيورادارية من النوع المساحي على الشكل التالي:

القطاع S20			
رقم التسجيل	نوع التسجيل	طول التسجيل (م)	عرض التسجيل (م)
1	مساحي	20	7.5
2	مساحي	15	5
3	مساحي	23	3
4	مساحي	20	1

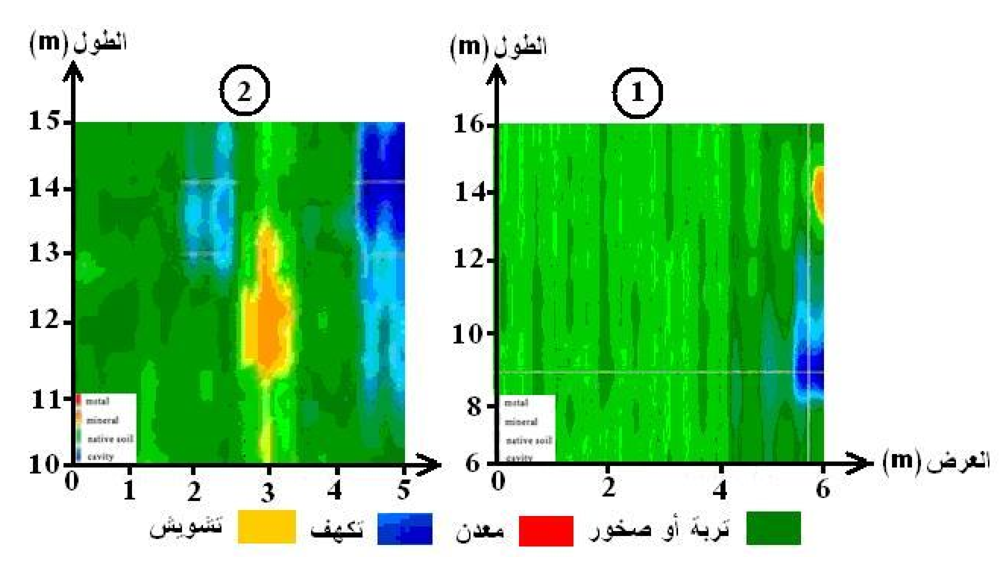
الجدول(47) التسجيلات الجيورادارية في القطاع S20

بعد معاملة وتفسير القياسات الحقلية للتسجيلات الجيورادارية تم ملاحظة ما يلي: (الأشكال في الملحق. وجود عدة فجوات صغيرة وبعض المجاري الضيقة على هيئة شقوق كما تم تحديد وجود ثلاثة تكهفات مبينة بالجدول التالي:

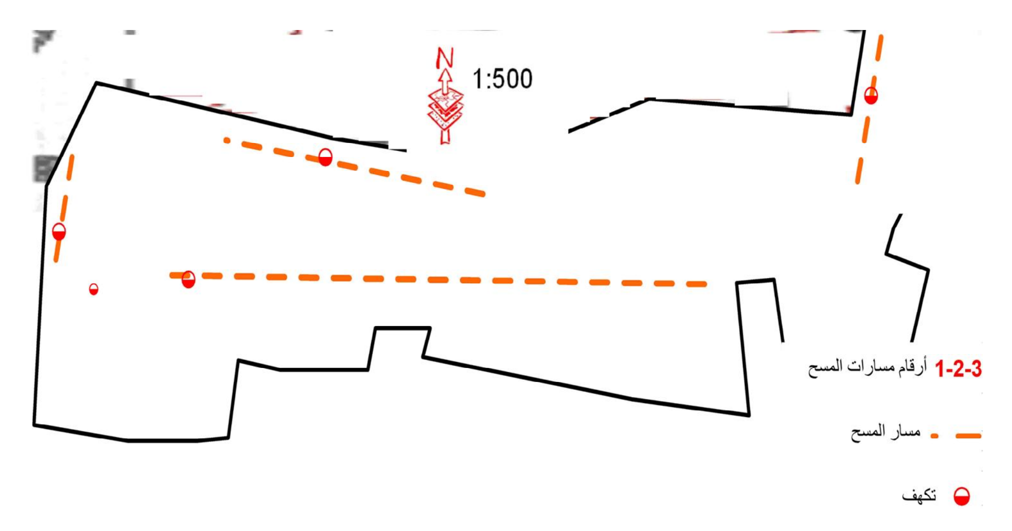
القطاع S20			
رقم التسجيل	طول التكهف (م)	عرض التكهف (م)	عمق التكهف (م)
1	2	1	1
1	0.8	0.6	2
2	2	1	2

الجدول (48) التكهفات المكتشفة في القطاع S20

يوضح الشكلين(92) و(93) التكهفات المكتشفة وخريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S20).



الشكل(92) شكل التكهفات على التسجيل الجيوراداري المساحي في القطاع(S20)



الشكل(93) خريطة أعمال المسح الجيوفيزيائي في القطاع(S20).

5-2-3-2- أعمال الحفر والمقاطع الليتولوجية الناتجة عنها

وللتأكد من وجود التكهفات المحددة بالمسح الجيوفيزيائي ومعرفة ماهيتها تم حفرعدة آبار وفي مواقع مختلفة، حيث قام الباحث بالإشراف على حفر أربعة آبار مع تسجيل نتائج الحفر وقد جرى الحفر في القطاعات (S14-S17-S20) وكانت النتائج كما يلي:

1- مدرسة الرازي (قطاع-S14)

تم حفر بئر بواسطة حفارة دورانية على التكهف الموجود على التسجيل الجيوراداري (10) حيث كانت نتائج الحفر موافقة مع نتائج الدراسة كما في الشكل(94).

رقم الطبقة ، №	الرمز الجيولوجي	عمق السطح السفلي للطبقة، م	سماكة الطبقة، م	المقطع	توصيف الترب
1		4	4		تربة زراعية
2	Q3-4	5.9	1.9		مارل طري
3		7.8	1.9		فراغ كامل(تكهف)
4		8.5	0.7		مارل طري
5		10.5	2		فراغ كامل(تكهف)
6	N1t	13.5	3		حجر كلسي مشقق
7		14.25	0.75		فراغ كامل(تكهف)
8		16.5	2.25		حجر كلسي مشقق

الشكل(94) نتائج حفر البئر في القطاعS14

2- مدرسة الشهيد كيفورك (قطاع-S17)

تم حفر بئر بواسطة حفارة دورانية على التكهف الموجود على التسجيل الجيوراداري (15) حيث كانت نتائج الحفر موافقة لنتائج الدراسة كمافي الشكل(95).

توصيف الترب	المقطع	سماكة الطبقة، م	عمق السطح السفلي للطبقة، م	الرمز الجيولوجي	رقم الطبقة ، №
اسمنت وبلاط		0.4	0.4		1
تربة زراعية		1.5	1.9	Q3-4	2
فراغ كامل(تكهف)		0.3	2.2		3
تربة زراعية		2.2	4.4		4
فراغ كامل(تكهف)		0.6	5		5
حجر كلسي مشقق		1	6	N1t	6
حجر كلسي قاسي مشقق		2	8		7

الشكل(95) نتائج حفر البئر في القطاعS17

3- مفرزة الأمن العسكري (قطاع-S20):

تم حفر بئرين بواسطة حفارة دورانية الأول على التكهف الموجود على التسجيل الجيوراداري (1) والثاني على التكهف الموجود على التسجيل الجيوراداري(2) حيث كانت نتائج الحفر كما في الشكلين(96) و(97).

توصيف الترب	المقطع	سماكة الطبقة، م	عمق السطح السفلي للطبقة، م	الرمز الجيولوجي	رقم الطبقة، №
طبقة اسفلت		0.25	0.25		1
تربة زراعية		0.2	0.45	Q3-4	2
فراغ كامل(تكهف)		1.1	1.55		3
مارل طري		1.45	3		4
حجر كلسي مشقق		1.8	4.8	N1t	5
كلس غضاري		2.2	7		6

الشكل(96) نتائج حفر البئر في القطاعS20

توصيف الترب	المقطع	سماكة الطبقة، م	عمق السطح السفلي للطبقة، م	الرمز الجيولوجي	رقم الطبقة ، №
طبقة اسفلت واسمنت		0.25	0.25		1
تربة زراعية		1.5	1.75	Q3-4	2
فراغ كامل(تكهف)		1.45	3.2	N1t	3
كلس غضاري		2.15	5.35		4
كلس عضوي		0.65	6		5

الشكل(97) نتائج حفر البئر في القطاعS20

كما أجرت المؤسسة العامة للجيولوجيا عدة سبور في عدة مواقع وكانت نتائج الحفر لتلك السبور تؤكد وجود التكهفات التي قام الباحث بتحديدها من خلال المسح الجيوفيزيائي.

هذا ولابد من الإشارة إلى أنه بعد الجولة الحقلية الأولى وتفسير معطيات المسح الجيورادراي تبين وجود تكهفات قريبة من سطح الأرض على امتداد الشارع المقابل لمبنى بلدية منطقة الدراسة.

تم تقديم تقرير عنها إلى السيد محافظ الحسكة ، وقد اقترح الباحث في ذلك التقرير الإسراع في معالجة هذه التكهفات، وقد لاقى ذلك تجاوبا سريعا من السيد المحافظ، إلا أنه نتيجة لحصول فيضانات قادمة من تركيا فقد انهار العديد من هذه التكهفات قبل معالجتها ومن خلال الصور التوثيقية لهذه الانهيارات، يلاحظ تطابق ملفت للنظر بين شكل التكهفات التي تم تحديده بعد عملية التفسير وشكل الانهيارات التي حدثت بعد حصول الفيضان.

يوضح الشكل(98) بعض الصور التوثيقية التي صورها الباحث للانهيارات التي حصلت على امتداد الشارع المذكور بعد حصول الفيضان.



الشكل(98) بعض الصور التي تم التقاطها للانهيارات التي حصلت على امتداد الشارع المذكور بعد حصول الفيضان

هذا وتجدر الملاحظة إلى أن أحد التكهفات التي تم اكتشافها في مدرسة الرازي بجانب المشفى الوطني لمنطقة الدراسة والذي تم تأكيده بالسبر المذكور أعلاه في القطاع (S14)، قد انهار بعد العاصفة الثلجية التي ضربت منطقة الدراسة ، وهذا التكهف مع الانهيار الذي حصل بسببه موثق أيضا بالصور والتقارير الموجودة لدى الهيئة العامة للاستشعار عن بعد والمقدمة إلى السيد محافظ الحسكة.

يوضح الشكل(99) صورة التقطها الباحث للانهيار الذي حصل على التكهف المكتشف في القطاع (S14).



الشكل(99) الانهيار الذي أصاب التكهف المكتشف من قبلنا في القطاع (S14)

5-2-3-3- مقارنة نتائج المسح الجيوراداري بين مختلف أنواع الأجهزة الجيورادارية المستخدمة

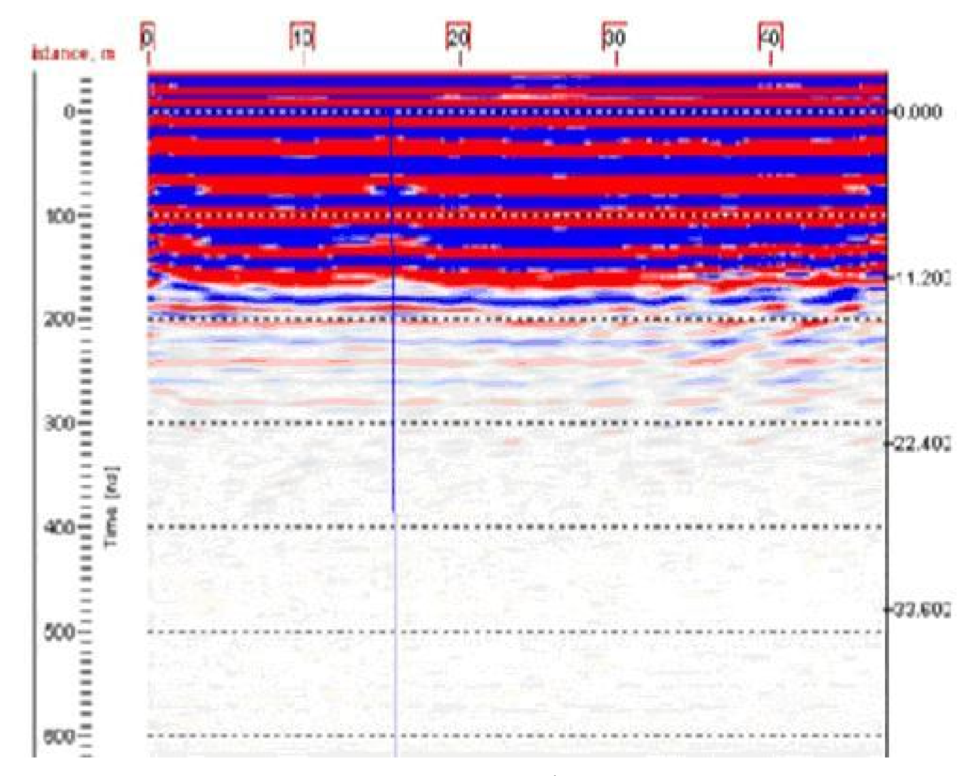
قام الباحث بإجراء مقارنة سريعة بين نتائج المسح الجيوراداري التي استخدم فيها جهاز الجيورادار البروفيلي طراز Mala السويدي الصنع، و جهاز الجيورادار البروفيلي طراز Zond-12e السويدي الصنع و جهاز الجيورادار المساحي Future I-160 الألماني الصنع، تبين للباحث أن كل جهاز يتمتع بميزات تفرقه عن غيره كما يلي:

- جهاز الجيورادار المساحي Future I-160 الألماني الصنع ذو فعالية عالية في الكشف عن التكهفات وتحديد أبعادها المختلفة وفي تحديد مجارير الصرف الصحي وتمييزها عن التكهفات وذلك لأنه يعطي رؤية واضحة لشكل الشاذ وأبعاده من جهة ولقدرته العالية في التمييز بين الأرض الطبيعية من جهة والمعادن والتكهفات والمياه من جهة أخرى .
- يمتاز جهاز الجيورادار المساحي بإمكانية عرض للمعطيات حسب تدرجات لونية ثنائية وثلاثية الأبعاد مما يساهم في توضيح شكل الشاذ وتحديد أبعاده بدقة عالية.
- تكمن المشكلة الأساسية في جهاز الجيورادار المساحي بأنه غير قادر على تحديد الحدود الفاصلة بين الطبقات.
- جهاز الجيورادار البروفيلي طراز Mala السويدي الصنع، وجهاز الجيورادار البروفيلي طراز

Zond-12e السويدي الصنع يمتازان بقدرتهما على تحديد الحدود الفاصلة بين الطبقات .

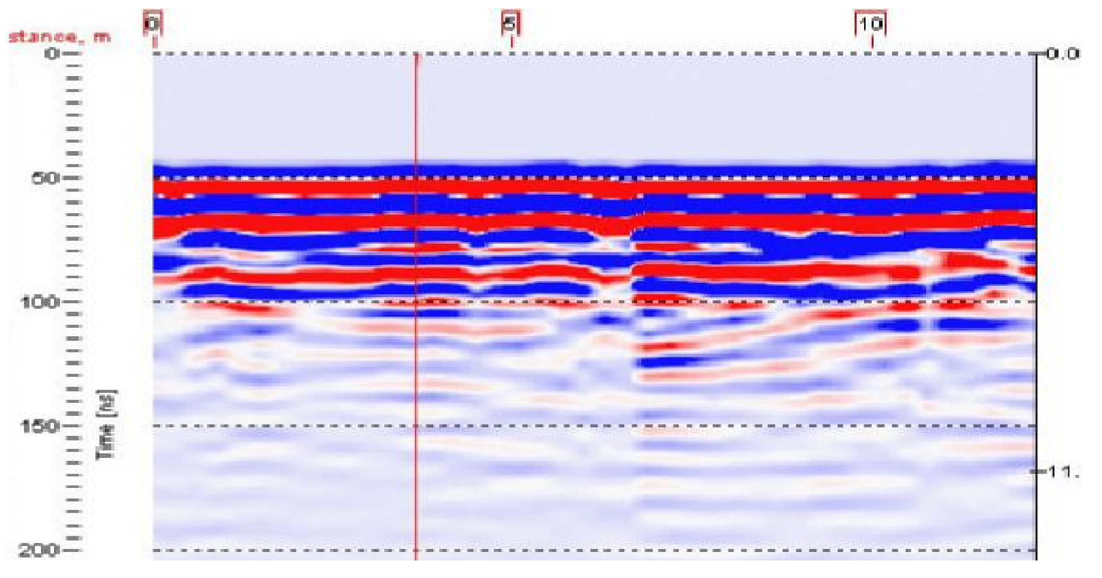
– تكمن المشكلة الأساسية في جهاز الجيورادار البروفيلي طراز Mala السويدي الصنع، و جهاز الجيورادار البروفيلي طراز Zond-12e السويدي الصنع بتأثرهما الكبير بالأمواج الهوائية وغيرها من أمواج الضجيج وبصعوبة فصل هذه الأمواج عن الأمواج المفيدة مما قد ينجم عنه وجود أخطاء عديدة في عملية التفسير.

يوضح الشكل(100)البروفيل الجيوراداري المأخوذ بالجيورادار طراز Mala في القطاع(S10) وذلك فوق موقع التكهف المحدد بالجيورادار المساحي.

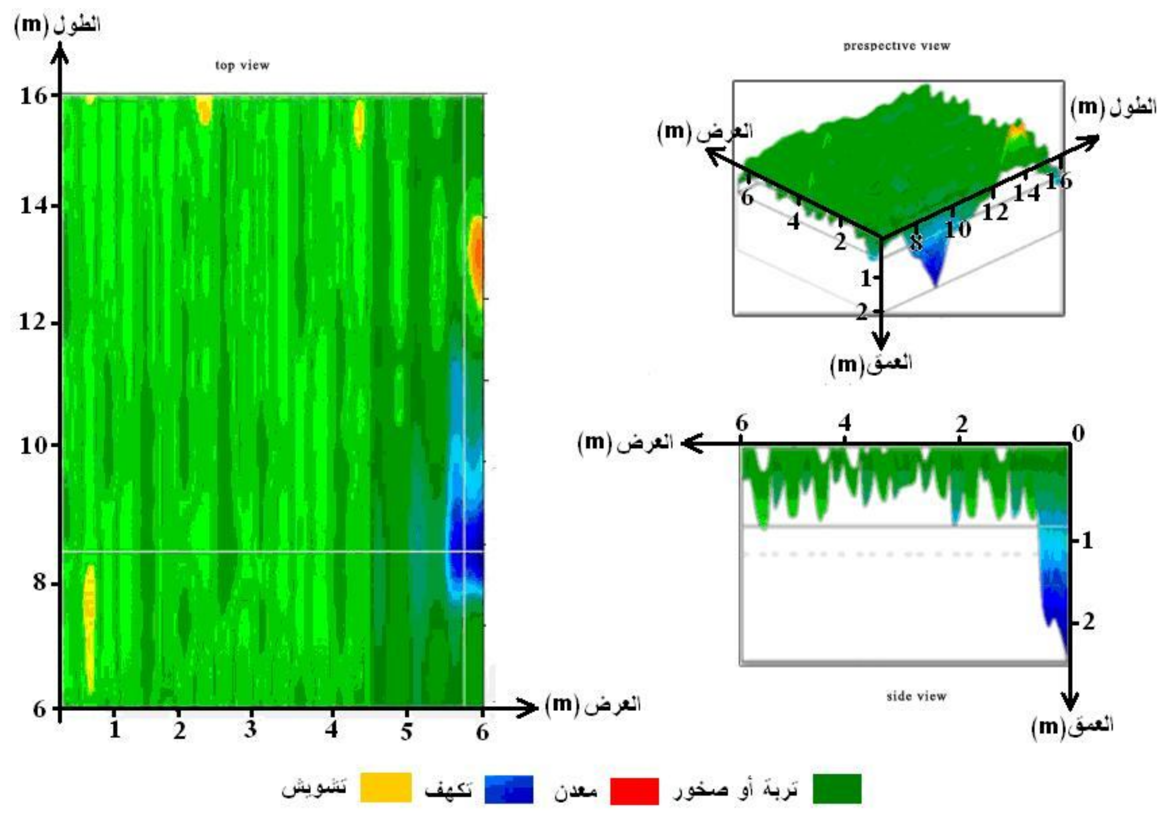


الشكل(100) البروفيل الجيوراداري المأخوذة بالجيورادار طراز Mala في القطاع(S10)

يوضح الشكلين(101) و(102) الفرق بين طريقة عرض نتائج المسح المأخوذة بالجيورادار طراز Mala وطريقة عرض نتائج المسح المأخوذة بالجيورادار طراز Future I-160 في القطاع(S20) وذلك فوق موقع التكهف الأول المحدد بالجيورادار المساحي.

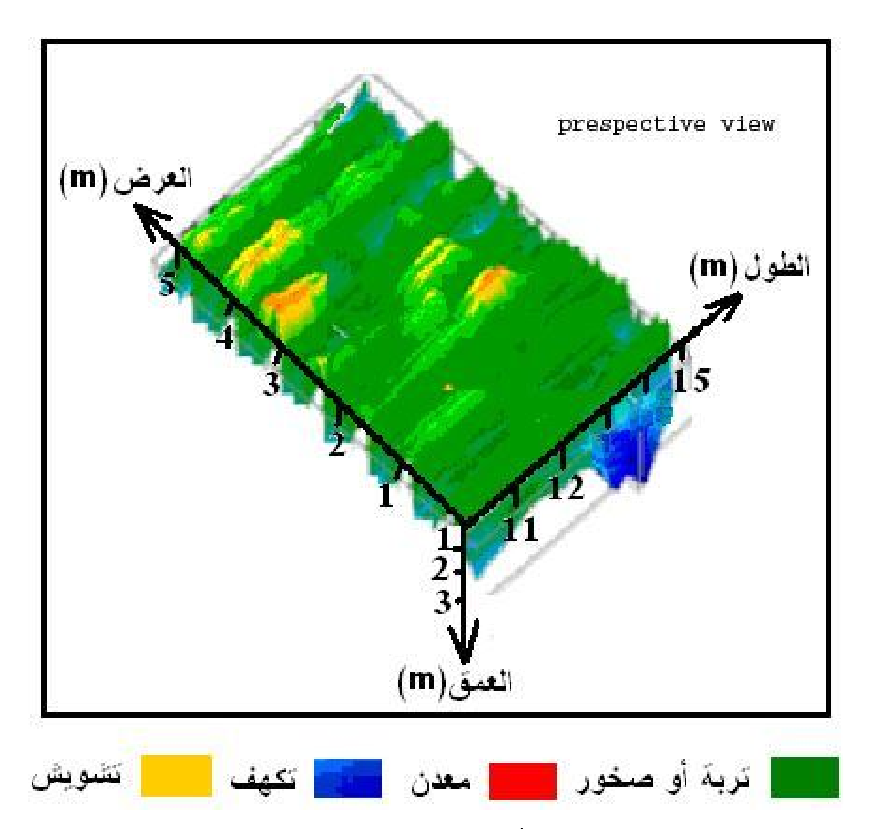


الشكل(101) طريقة عرض نتائج المسح المأخوذة بالجيورادار طراز Mala في القطاع(S20) فوق موقع التكهف الأول

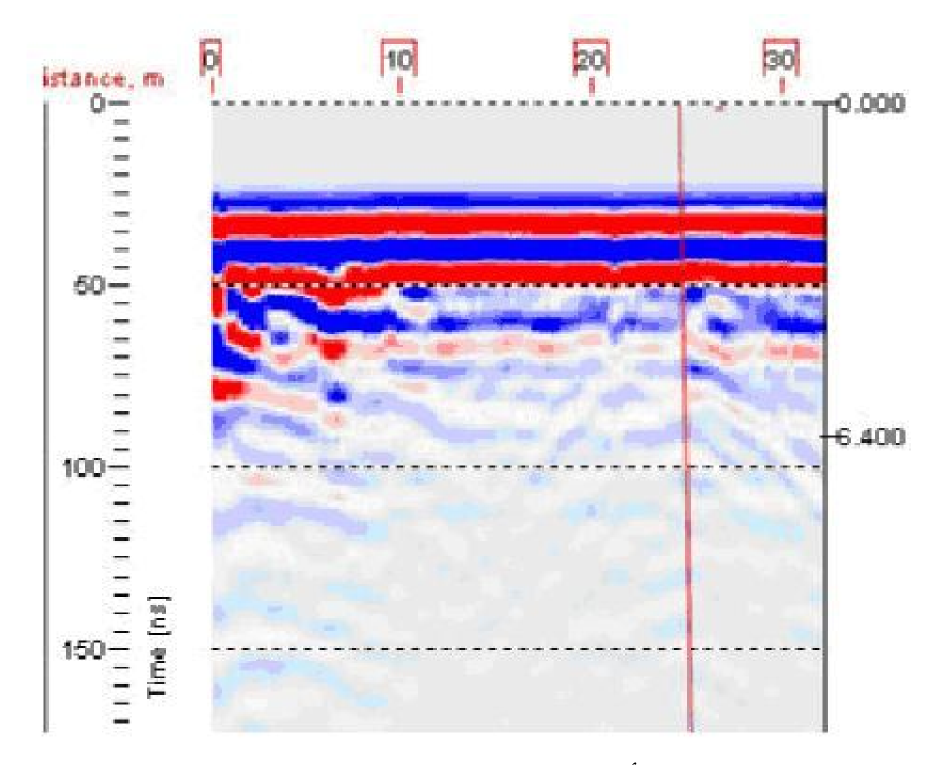


الشكل(102) طريقة عرض نتائج المسح المأخوذة بالجيورادار طراز Future I-160 في القطاع(S20) فوق موقع التكهف الأول وبعرض ثنائي وثلاثي البعد

يوضح الشكلين(103) و(104) الفرق بين طريقة عرض نتائج المسح المأخوذة بالجيورادار طراز Mala وطريقة عرض نتائج المسح المأخوذة بالجيورادار طراز Future I-160 في القطاع(S20) وذلك فوق موقع التكهف الثاني المحدد بالجيورادار المساحي الألماني الصنع.



الشكل(103) طريقة عرض نتائج المسح المأخوذة بالجيورادار طراز Future I-160 في القطاع(S20) وذلك فوق موقع التكهف الثاني المحدد بالجيورادار المساحي الألماني الصنع



الشكل(104) البروفيل الجيوراداري المأخوذ بالجيورادار طراز Mala في القطاع(S20) فوق موقع التكهف الثاني

الفصل السادس

تكامل الطرائق المستخدمة في البحث (الاستشعار عن بعد، الجيورادار، الهيدروكيمياء)

تكامل الطرائق المستخدمة في البحث (الاستشعار عن بعد، الجيورادار، الهيدروكيمياء)

من المفيد إجراء تكامل بين طرائق البحث المختلفة من خلال تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة لها وتحديدا من خلال ميزة التحليل المكاني(Spatial Analyst) وقد استخدمنا في هذا البحث هذه الميزة لاجراء التكامل بين تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة لها مع الطرائق الجيوفيزيائية والدراسات الجيولوجية والكيميائية حيث تمكنا من الوصول إلى نتائج جيدة ومفيدة ومبنية على أساس علمي وعالمي[13].

6-1- تعريف التحليل المكاني(Spatial Analyst): هو دراسة مواقع الظاهرات الجغرافية وتتضمن تحديد مايلي:

موقع الظاهرة المدروسة.

أين تتركز داخل الخريطة.

هل توزيعها منتظم أم عشوائي.

ماهي العلاقة بين مواقع الظاهرة من نفس النوع.

ماهي العلاقة بين موقع هذه الظاهرة ومواقع الظاهرات الأخرى.

لماذا هذا الموقع ولماذا هذه العلاقات و ما أثر ذلك على التوزيع.

ماهو الموقع الأفضل للتخطيط المستقبلي.

ويجب معرفة أنه تتفاوت المعلومات حسب درجة القياس المستخدمة فيمايلي:

1. التفاصيل التي يمكن أن يستخلصها الباحث من المعلومة.
2. التعامل مع المعلومة احصائيا.
3. استخدام المعادلات الرياضية المختلفة مع المعلومة.
4. طريقة تمثيل المعلومة المكانية على الخريطة.

أما موازين التحليل المكاني فتقسم إلى أربعة أقسام هي[14]:

- **المقياس النوعي أو الإسمي (Nominal) و من أمثلة المعلومات النوعية:**

تقسيم سكان منطقة ما إلي ذكور وا ٍناث (النوع).

الاسئلة التي اجاباتها نعم أو لا (أفضل/ لا أفضل)

مكان السكن. الجنسية. الديانة.

- **المقياس الرتبي (Ordinal) و مثال على ذلك خيارات مثل:**

أوافق بشدة – أوافق – لا أوافق – أعترض – أعترض بشدة.

ممتاز – جيد جدا – جيد – حسن – وسط – دون الوسط – سيئ

- **مقياس الفترة أو الفاصلة (Interval) ومثال ذلك:**

متوسط درجة الحرارة اليومي (درجة مئوية)

40 35 30 20 0 15

- **المقياس النسبي (Ratio) ومثال ذلك:**

أوزان بعض الأطفال عند الولادة (كغ)

7 5 4.5 9 3.5 6 3

6-2- مجموعات البيانات المستخدمة

لقد تم استخدام البيانات المبينة في الجدول التالي من أجل القيام بالتحليلات المكانية المناسبة لحل مسألة الدراسة:

البيانات	الوصف
نموذج ارتفاع رقمي (DEM)	Raster Dataset
صورة فضائية بدقة (5) متر لمنطقة الدراسة	Raster Dataset
شريحة التكهفات المكتشفة	Feature dataset
شريحة الانهيارات	Feature dataset
شريحة قيم النفاذية	Feature dataset

6-3- خطوات العمل

6-3-1- إعداد خصائص التحليل

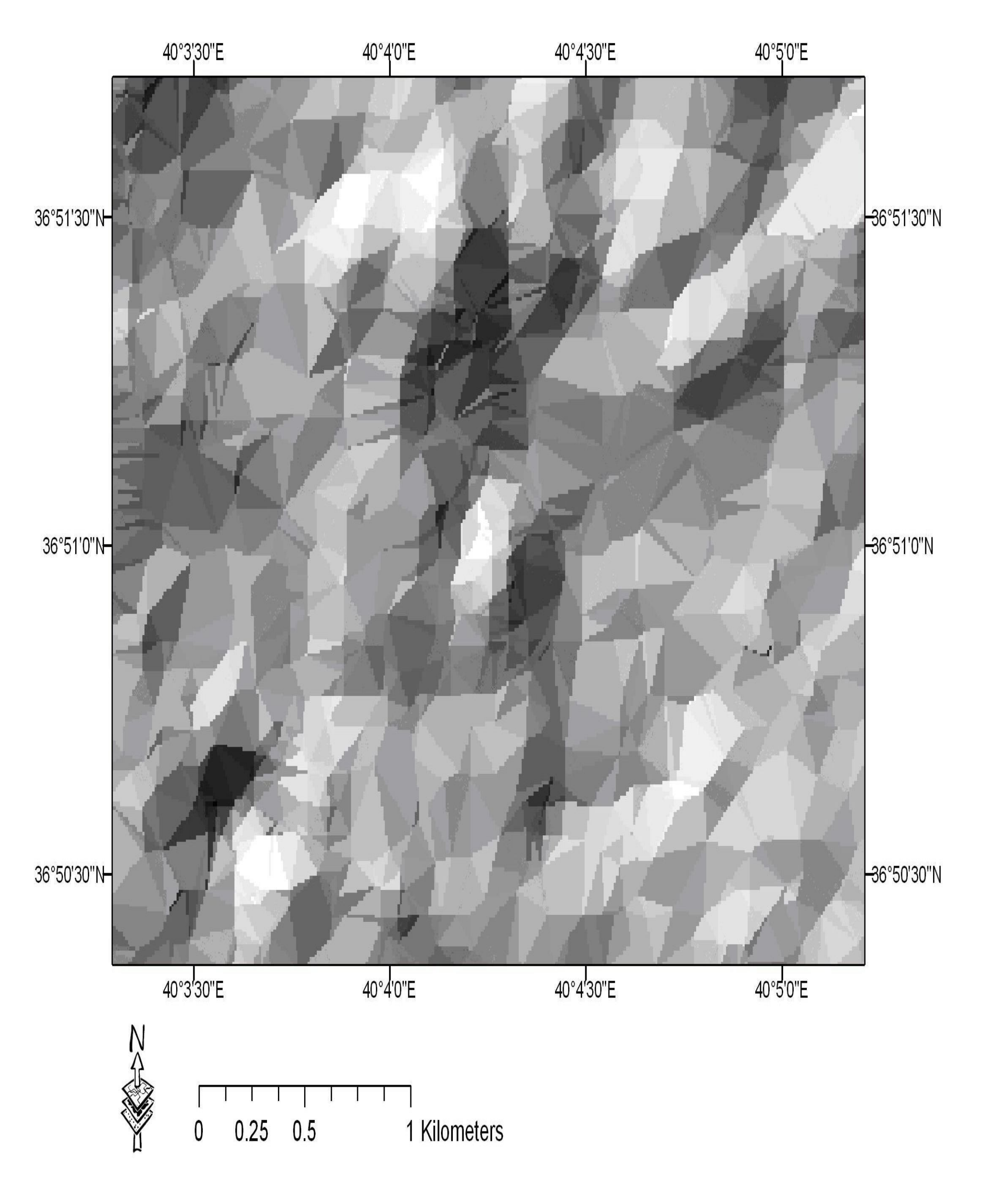
قمنا أولا باعداد خصائص التحليل (دليل العمل – الامتداد – حجم الخلية) حيث تمكننا هذه العملية من إخراج نتائج التحليل بالشكل المناسب والدقة المناسبة.

6-3-2- فحص الهيستوغرام(Histogram)

حيث يعرض الهيستوغرام عدد خلايا كل نوع من خريطة استعمالات الأراضي.

6-3-3- إنشاء Hillshade

إن إنشاء الـ Hillshadeمن بيانات الارتفاع وا إضافة الشفافية يعطينا صورة جيدة للتضاريس ويمكننا من عرض الخريطة بشكل جيد، الشكل(105).

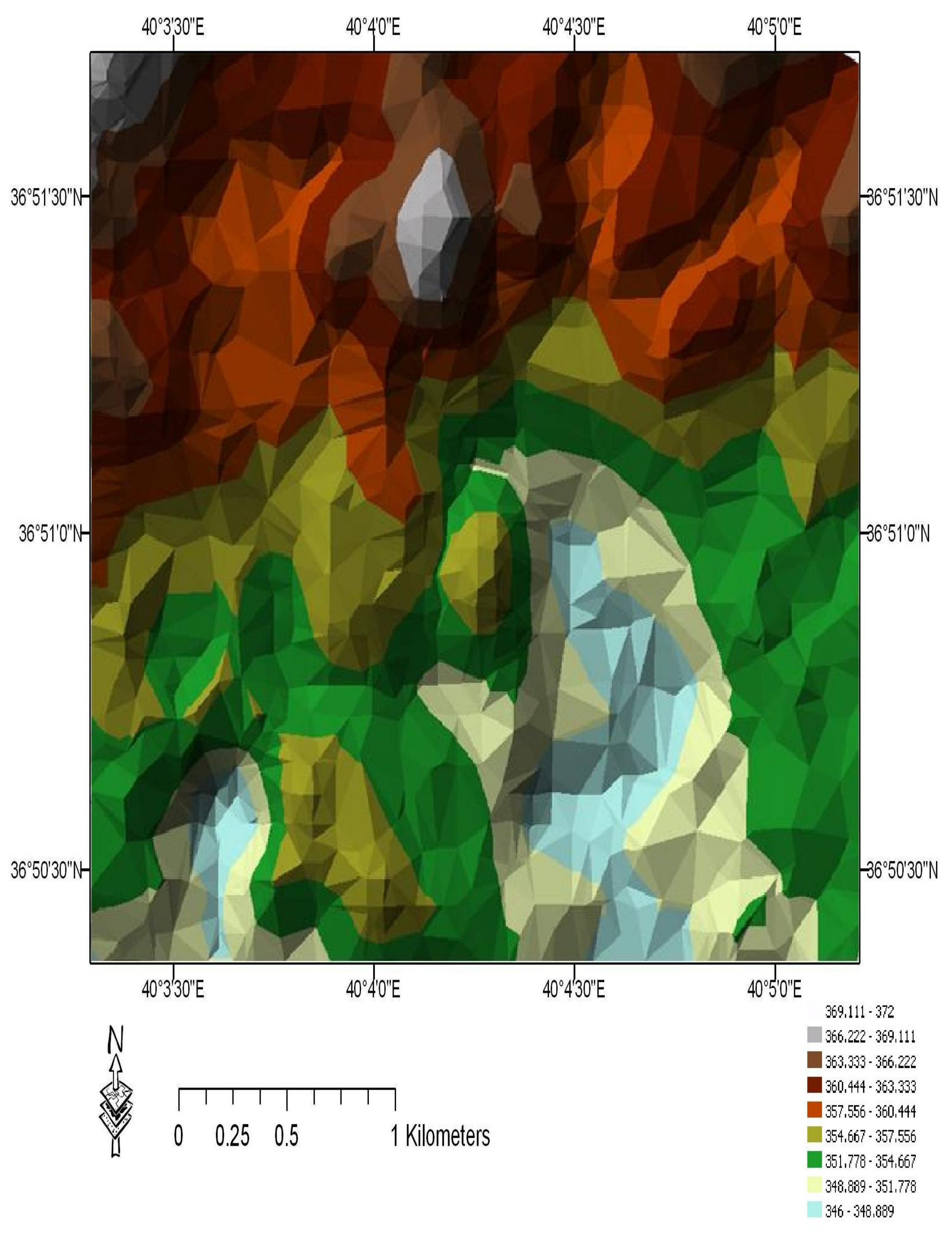


الشكل(105) نموذج الـHillshade في منطقة الدراسة

6-3-4- اشتقاق مجموعات البيانات(Derive Datasets)

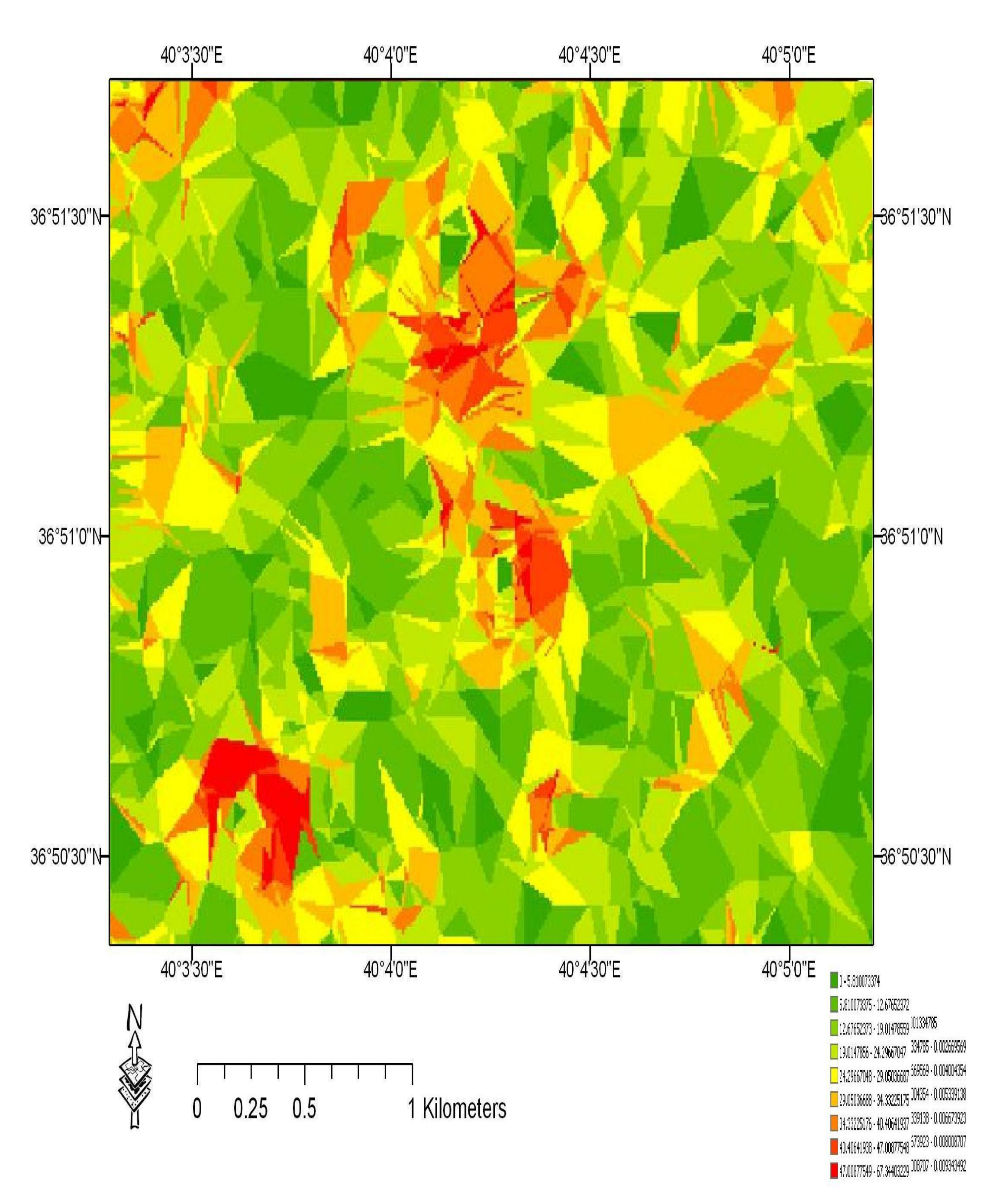
قمنا بانشاء بيانات من البيانات الموجودة لكسب معلومات جديدة، حيث قمنا باشتقاق مايلي:

أولا: اشتقاق الانحدار من الارتفاع وذلك بعد انشاء شبكة الارتفاعات المثلثية(tin)- الشكل(106).



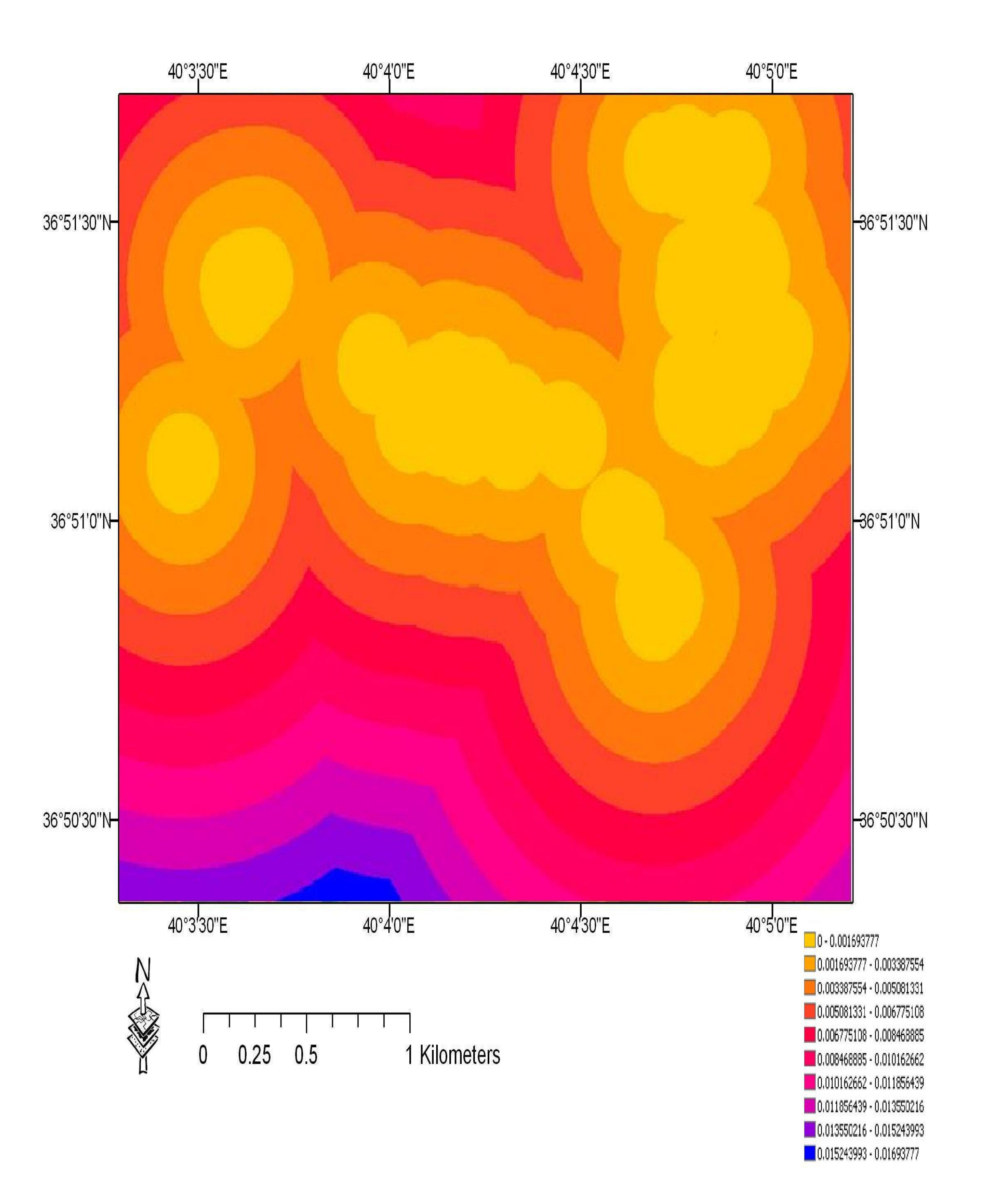
الشكل(106) شبكة الارتفاعات المثلثية(tin)

ويوضح الشكل التالي النموذج الناتج عن اشتقاق الانحدار من الارتفاع.



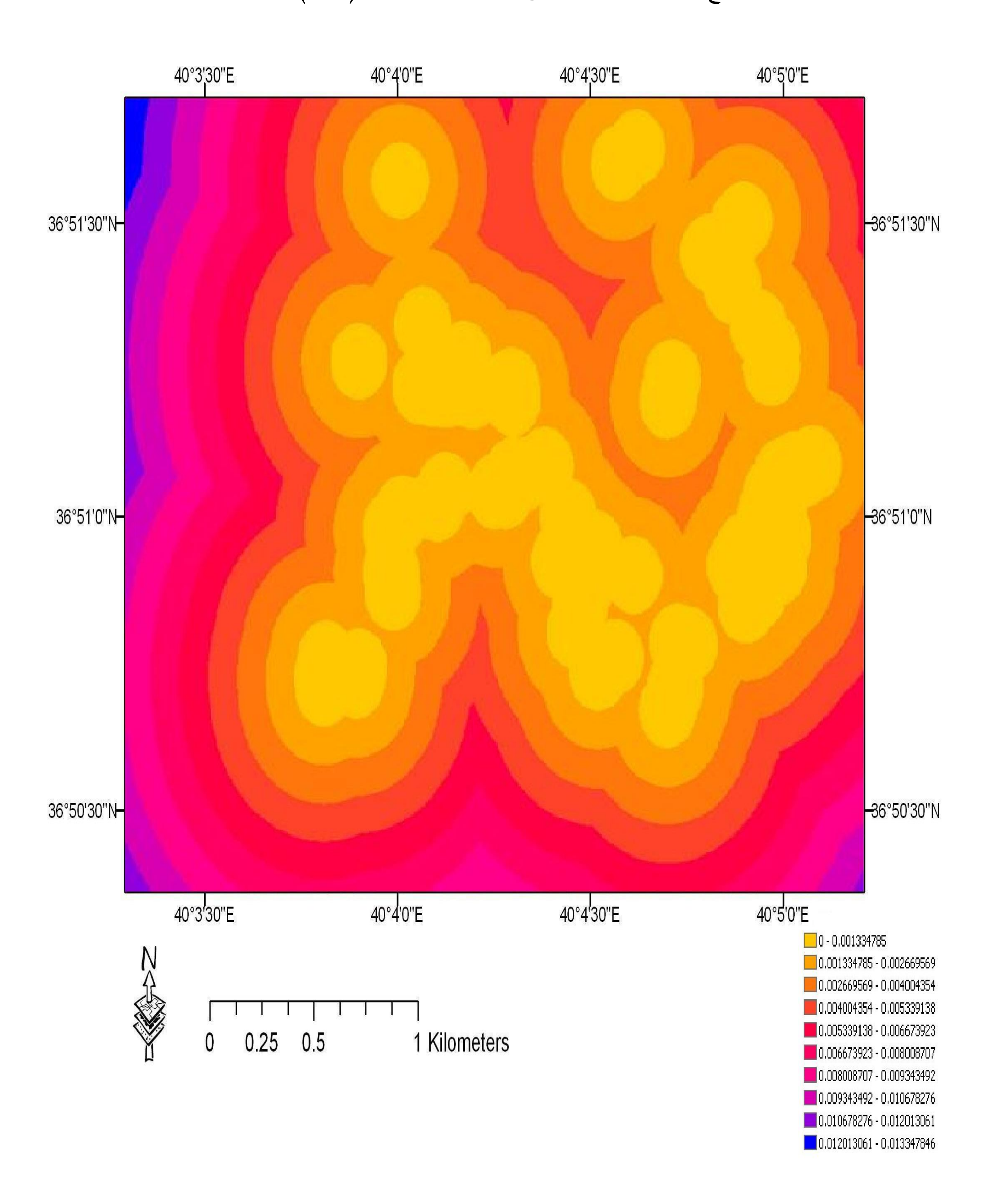
الشكل(107) درجة الانحدار في منطقة الدراسة حيث يشير اللون الأحمر للانحدار الشديد واللون الأخضر للانحدار الضعيف

ثانيا: اشتقاق المسافة من مواقع التكهفات المكتشفة، الشكل(108).



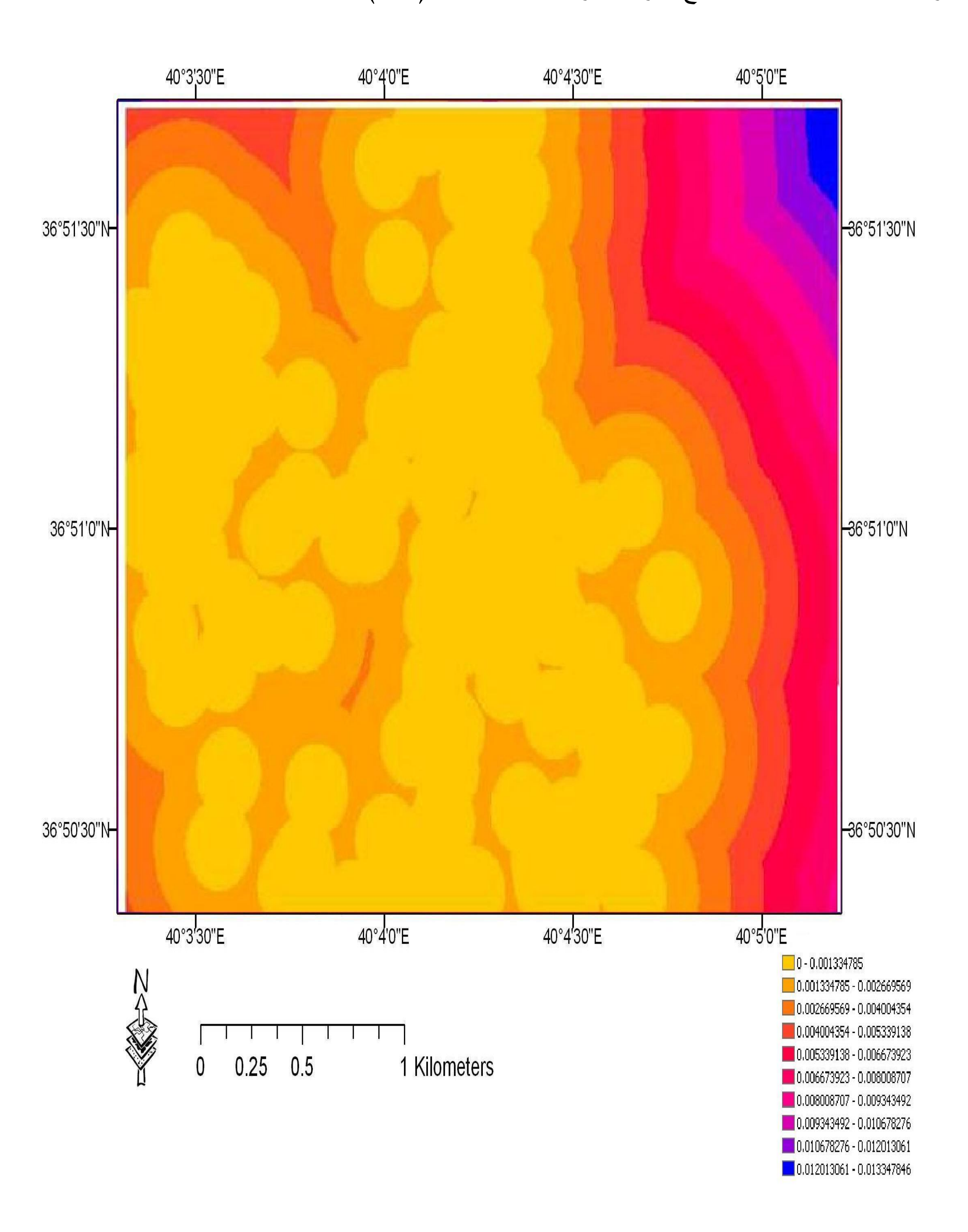
الشكل(108) يشير اللون الأصفر الى المناطق القريبة من التكهفات واللون الأزرق يشير للمواقع البعيدة عن التكهفات

ثالثا: اشتقاق المسافة من مواقع الانخفاسات والانهيارات الحاصلة، الشكل(109).



الشكل(109) يشير اللون الأصفر الى المناطق القريبة من الانـهيارات واللون الأزرق يشير للمواقع البعيدة عن التكـهفات

رابعا:اشتقاق المسافة من مواقع اجراء تجارب النفاذية، الشكل(110).



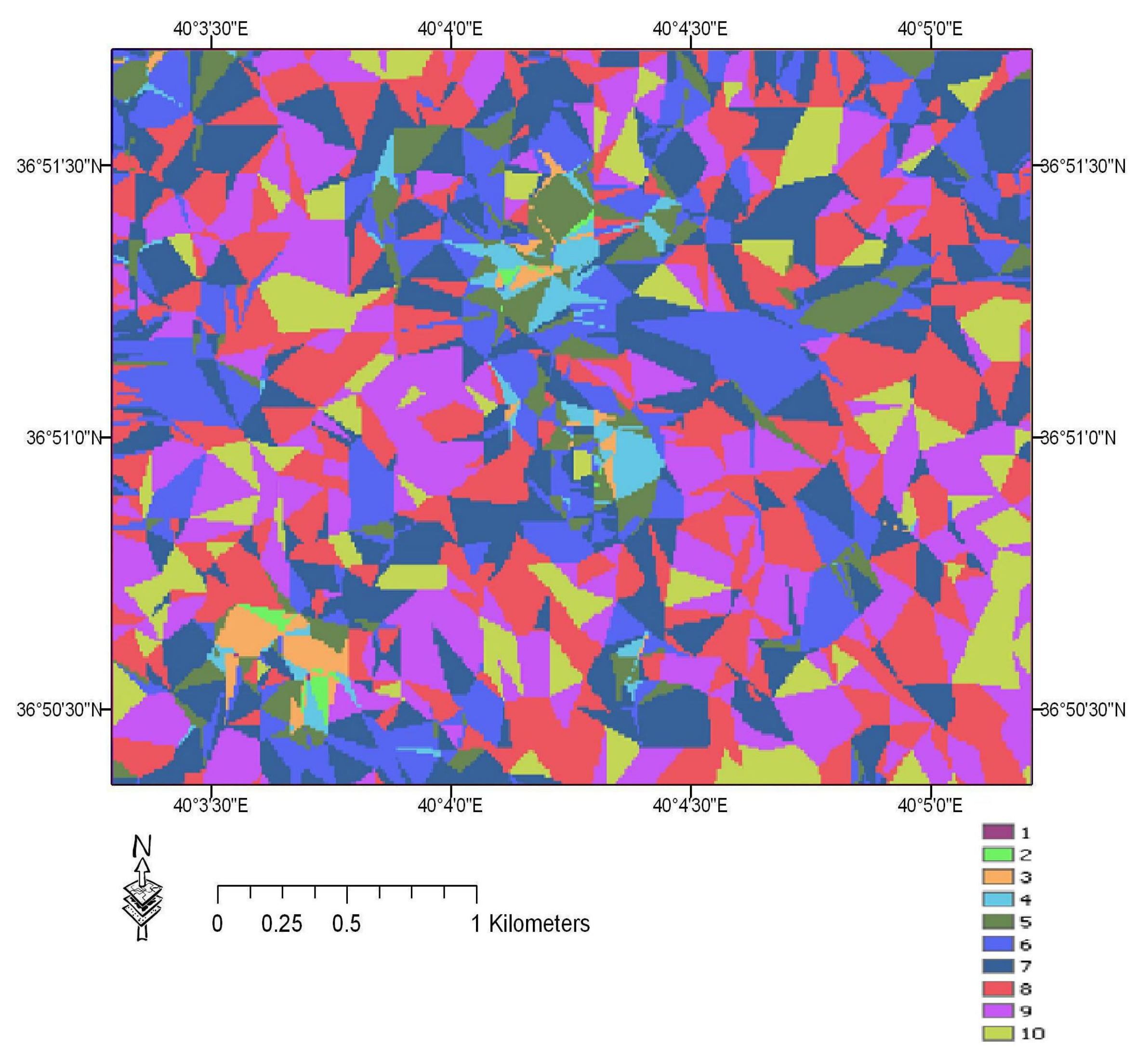
الشكل(110) يشير اللون الأصفر الى المناطق عالية النفاذية واللون الأزرق يشير للمواقع قليلة النفاذية

6-3-5- إعادة تصنيف مجموعات البيانات

يجب أن تكون مجموعات البيانات بالمقياس المشترك وهذا المقياس هو مدى خطورة موقع معين (Each Cell) لأن يكون مؤهلا لحدوث انهيارات مستقبلية فيه.

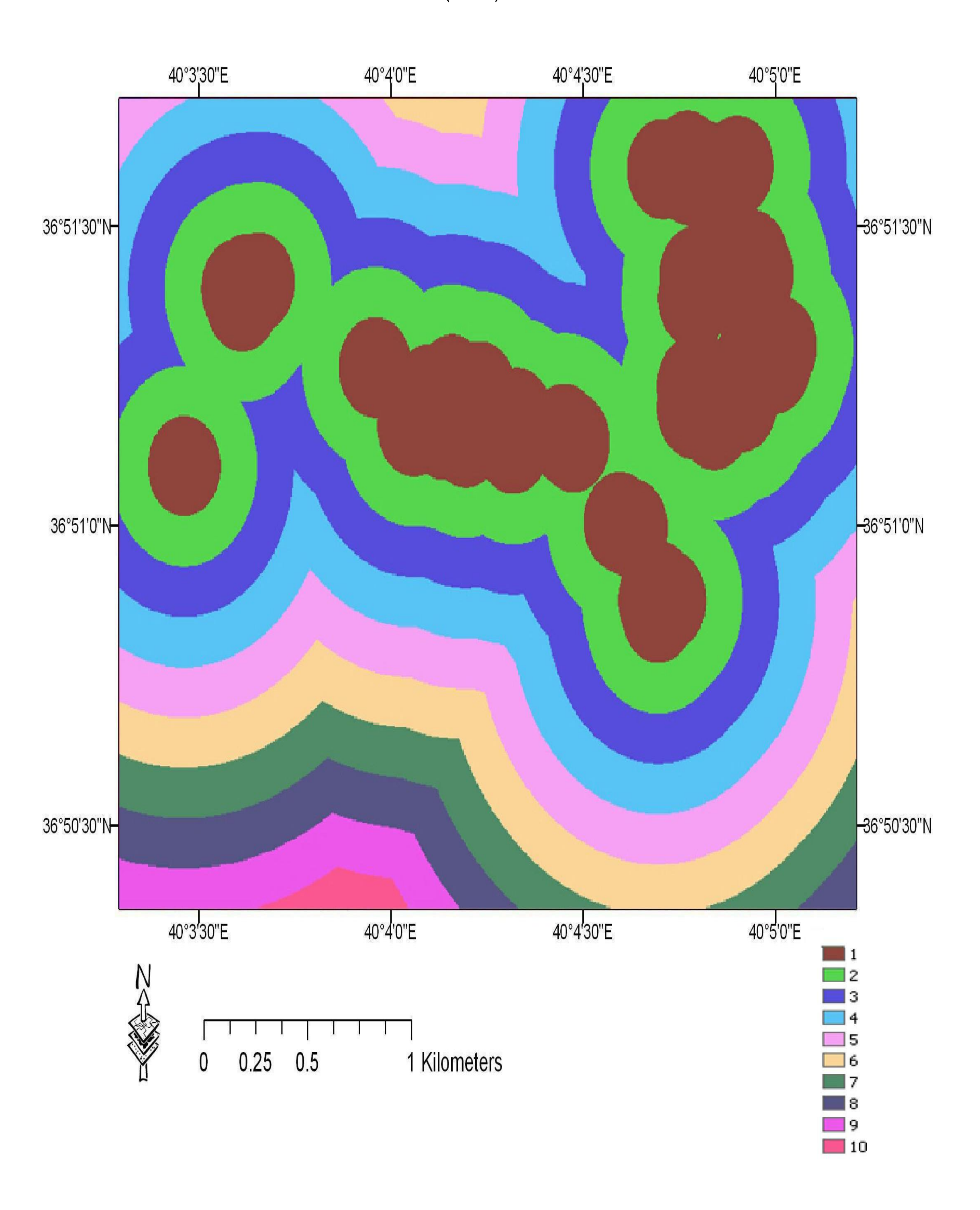
لذلك قمنا باعادة تصنيف كل مجموعات البيانات إلى القياس المشترك ضمن المجال(1-10) حيث أعطينا القيم العالية للمعلومات الوصفية ضمن كل مجموعة بيانات التي تكون أكثر ملائمة من أجل حصول الانهيارات و الانخفاسات والبيانات التي أعدنا تصنيفها هي:

- إعادة تصنيف الانحدار (Slope) حيث أن الانحدار الشديد له تأثير إيجابي فهو لايساعد على حدوث التكهف والأرض المنبسطة هي الأكثر تعرضا لعمليات الانحلال والتكهف وبالتالي الانخفاس، الشكل(111).



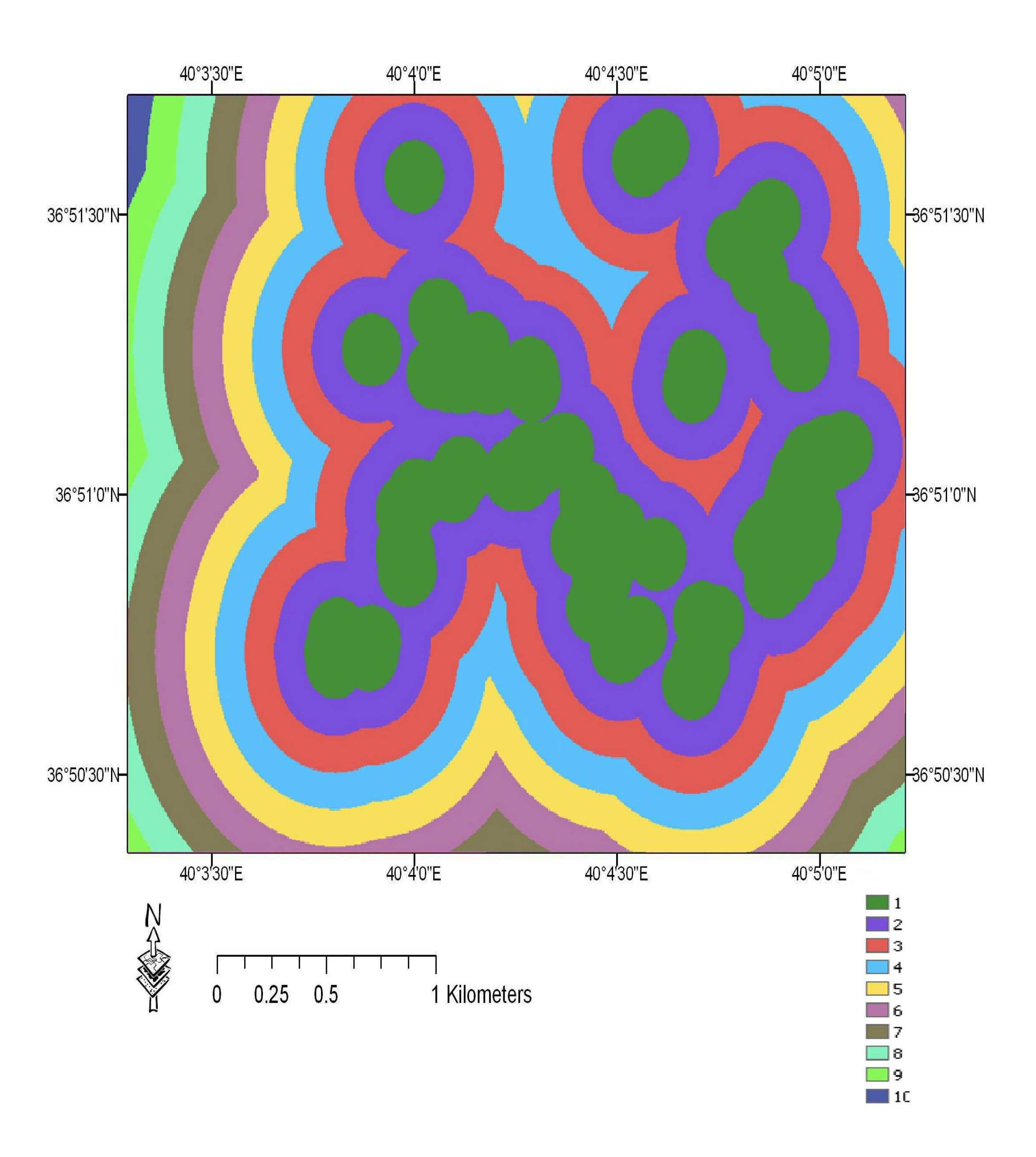
الشكل (111) تشير القيمة (1) للانحدار الشديد والقيمة (10) للانحدار الضعيف

- إعادة تصنيف المسافة من مواقع التكهفات المكتشفة(Distance to caves) حيث أن المواقع شديدة التكهف أخطر من المواقف قليلة التكهف، الشكل(112).



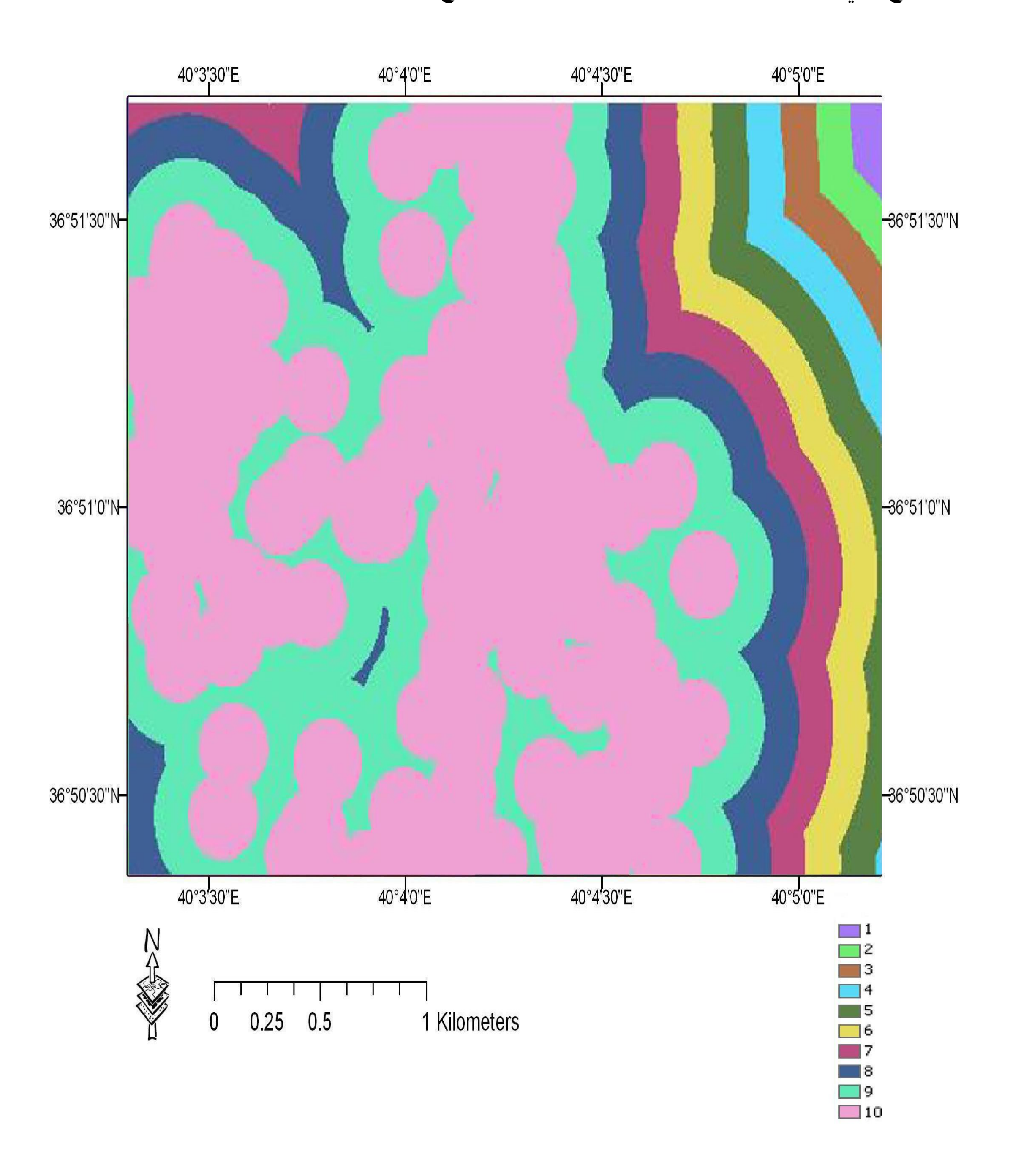
الشكل(112) تشير القيمة(1) للمواقع القريبة من التكهفات والقيمة(10) للمواقع البعيدة عن التكهفات

- إعادة تصنيف المسافة من مواقع الانهيارات و الانخفاسات (Distance to sinkholes) حيث أن المواقع التي حصل فيها انخفاسات تعتبر أخطر من المواقع السليمة.



الشكل(113) تشير القيمة(1) للمواقع القريبة من الانهيارات والقيمة(10) للمواقع البعيدة عنها

- إعادة تصنيف المسافة من مواقع اجراء تجارب النفاذية (Distance to permeability) حيث أن المواقع التي تظهر نفاذية عالية تعتبر أخطر من المواقع الأقل نفاذية.



الشكل(114) تشير القيمة(1) للمواقع ذات النفاذية المنخفضة والقيمة(10) للمواقع ذات النفاذية العالية

6-3-6- تثمين وضم مجموعات البيانات:

بعد أن طبقنا القياس المشترك لمجموعات البيانات حيث أعطينا القيم الأعلى للمعلومات الوصفية التي اعتبرت ملائمة أكثر لحصول الانخفاسات والانهيارات، أصبحنا جاهزين لضم هذه المجموعات لتقسيم المنطقة حسب درجة الخطورة.

الآن لو كانت كافة مجموعات البيانات متساوية في الأهمية فاننا ببساطة جاهزين لضم هذه المجموعات وفقا لهذه النقطة ولكن باعتبار أننا نعرف أن كثافة التكهفات و الانخفاسات لها التأثير الأكبر على محددات الخطورة، ويليها تأثير التركيب الجيولوجي السطحي حيث أن التربة الرملية والزراعية تساهم في دورة انحلال الصخور الموجودة تحتها فضلا عن قابليتها للانحلال والهروب في حين أن الطبقات الغضارية الكتيمة تساهم في تقليل حدوث الانحلال من المياه السطحية، ويأتي في المرتبة الرابعة تأثير انحدار سطح الأرض حيث يؤثر الانحدار القليل أكثر على حدوث الانحلال وتهريب التربة وبالتالي الانخفاس.

وبناء على ماسبق فقد أعطينا الشرائح نسب التأثير التالية:

(قسمت كل نسبة وفقا لـ100 لجعل القيم طبيعية)

Reclass of Distance to caves – 0.3(30/100)

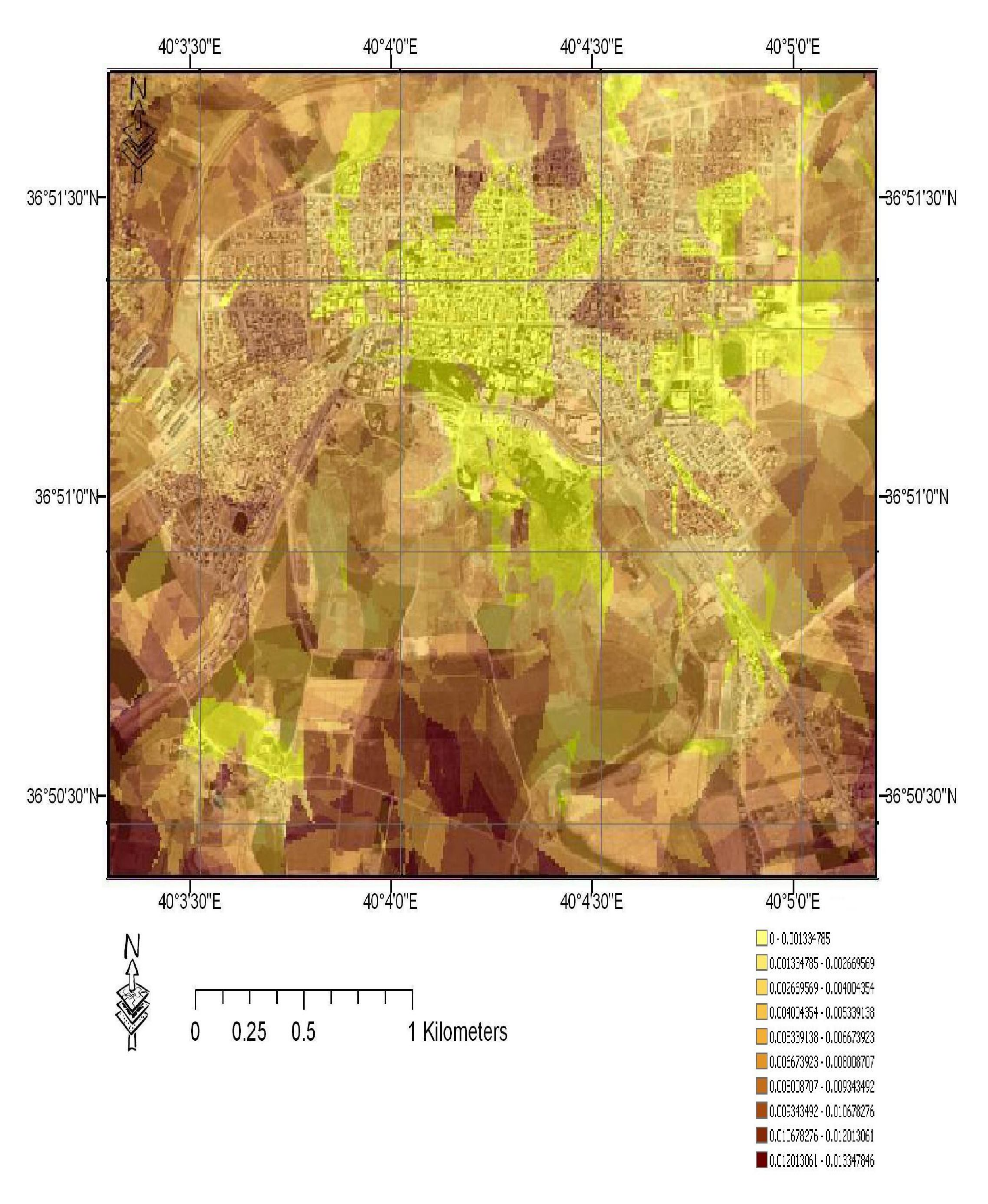
Reclass of Distance to sinkholes– 0.28(28/100)

Reclass of permibility – 0.25(25/100)

Reclass of Slope – 0.17(17/100)

وهكذا نكون قسمنا المنطقة حسب درجة الخطورة فيها إلى عدة نطاقات ونكون قد حققنا تكاملا جيدا باستخدام التقانات الاستشعارية والطرائق الجيوفيزيائية ونتائج التحليلات الكيميائية والجيولوجية.

يوضح الشكل التالي خريطة تقسيم منطقة الدراسة إلى قطاعات حسب درجة الخطورة.



الشكل(115) يشير اللون الأصفر إلى المناطق الخطيرة واللون البني إلى المناطق الأقل خطرا

الفصل السابع

النتائج والمقترحات

7-1- النتائج

من خلال ما تقدم من استخدام الطرائق المختلفة في تنفيذ هذا البحث تم التوصل إلى النتائج التالية:

1- تم وضع وللمرة الأولى مجسم طبوغرافي ثلاثي البعد من قبلنا لمنطقة رأس العين وجوارها ووضع مقطع جيولوجي لمنطقة الدراسة للطبقات السطحية .

2- تم اكتشاف عدد كبير من التكهفات وبأبعاد مختلفة.

3- درسنا الكارست في منطقة الدراسة وحددنا العوامل التي ساهمت في تشكل الكارست وحصول الانخفاسات.

4- قسمنا العوامل المشكلة لظواهر الكارست والانهيارات في منطقة الدراسة بالاعتماد على مقاييس عالمية وبما يتوافق مع واقع منطقة الدراسة، ووثقنا تلك التقسيمات بالصور الفوتوغرافية لكل مرحلة من المراحل.

5-قمنا بحصر معظم الانهيارات و الانخفاسات التي حدثت في منطقة الدراسة وحددنا أبعادها وا ٍحداثياتها.

6- قمنا بدراسة علاقة التركيب الكيميائي للمياه الجوفية بتشكل الكارست زمانيا ومكانيا وتوصلنا إلى أن الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية والجنوبية ووسط مدينة رأس العين هي الأكثر عرضة لتشكل الكارست وحدوث الانهيارات.

7- توصلنا إلى أن أعمال الري بالغمر من العوامل المساعدة في انجراف وتهريب الترب عبر الفراغات الكارستية.

8- استخدمنا تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة له في تنفيذ مايلي:

-تم اسقاط مواقع الانهيارات والتكهفات المكتشفة من قبلنا على الصور الفضائية الدقيقة.

- تم معالجة وتفسير الصور الفضائية وتحديد العديد من الفوالق المحتملة في منطقة الدراسة.

- وضعنا مخطط يبين حركة المياه السطحية في منطقة الدراسة وما حولها.

-تم إجراء تحليلات مكانية ربطنا من خلالها بين التكهفات والانهيارات ومسبباتها.

9- قمنا بإجراء عملية تكامل بين النتائج التي توصلنا إليها باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة وبين الطرائق الجيوفيزيائية والدراسات الجيولوجية والهيدروكيميائية وذلك من خلال ميزة التحليل المكاني وبنتيجة ذلك تم وضع مخططات خاصة بحساب وتصنيف منطقة الدراسة حسب درجة الخطورة.

10- قسمنا منطقة الدراسة إلى قطاعات لونية حسب درجة الخطورة حيث وضعنا هذه القطاعات اللونية كشفافية فوق الصورة الفضائية الخاصة بمنطقة الدراسة لكي تزيد الدقة في التمثيل والوضوح وهذا سيساعد الجهات المختصة في الوصول إلى أماكن القطاعات الخطرة وتحديدها مباشرة من خلال النظر إلى ذلك المخطط .

11- لقد بينا أن الضخ الجائر للمياه الجوفية وقلة التغذية هو سبب رئيسي لحدوث الانخفاسات في منطقة

رأس العين نتيجة انخفاض المنسوب الستاتيكي للمياه الجوفية فيها.

وأن تشكل الانخفاسات ناتج بشكل أساسي عن وجود ثلاثة شروط مجتمعة هي:

- الوسط الرطب الناتج عن تسرب مياه سطحية بأشكالها المختلفة (أمطار، مواسير مياه عذبة، مياه الري، الصرف الصحي ...الخ).

- التربة ذات النفاذية العالية سهلة الانجراف والانحلال.

-التكهف في الصخر الكلسي الهلفيتي الموجود مسبقاً والذي يميز توضعات الهلفتيان في منطقة الدراسة.

7-2- المقترحات

لدرء أخطار الانخفاسات يجب التعامل مع مسبباتها الرئيسية وذلك من خلال:

1- معالجة التكهفات المكتشفة من قبلنا.

2- معالجة المباني التي ظهر فيها تشققات أو تصدعات كبيرة في كل من ثانوية سلمان الفارسي والمستوصف الصحي المدرسي وثانوية الشهيد كيفورك وشعبة التجنيد والمستوصف الشرقي والمشفى الوطني وذلك بالسرعة الممكنة.

3- منع تسرب المياه السطحية إلى التربة وبشكلاً خاص عن طريق عن طريق معالجة أماكن التسرب سواء في أنابيب مياه الشرب أو الصرف الصحي بإصلاحها أو استبدالها بشبكات أكثر ملائمة.

4- رصف التربة وخاصة حول الأبنية السكنية أو الحكومية وخاصة المدارس عن طريق تعبيدها أو استبدالها بتربة غضارية كتيمة.

5- استبدال طريقة الري بالغمر المتبعة حاليا بطرق الري الحديثة والتي ستساهم في تقليل هدر المياه لدرجة كبيرة، إضافة إلى التقليل من حدوث عمليات جرف التربة وانحلال الصخور الواقعة تحت هذه الترب نتيجة تسرب مياه الري.

6- استبدال الضخ الجائر للمياه الجوفية من الآبار إلى مجرى نهر الخابور بهدف إرواء المزروعات على جانبي النهر وا ٕرواء محافظة الحسكة، بضخها في أنابيب تمتد من مناطق الضخ إلى مناطق استثمار هذه الميا وا ٕنشاء شبكة من الأنابيب الفرعية لإرواء المزروعات التي كانت تروى سابقا من مجرى النهر، مما سيؤدي إلى توفير كمية كبيرة جدا من المياه التي تتم خسارتها (المياه المتبخرة والمتسربة والراشحة) على طول مجرى النهر والسدود المقامة عليه.

7- إن الانخفاسات تتطور بشكل سريع ويمكن أن تحصل خلال فترة زمنية قصيرة جداً لذلك نقترح إجراء مراقبة دقيقة وبشكل يومي من قبل فنيين وأيضاً من قبل الأهالي للمباني والمنشآت والطرقات بهدف الكشف عن أية مظاهر تدل على بدء تشكل الانخفاسمثل التشققات أو هبوط التربة، وا ٕبلاغ الجهات المختصة في المدينة عن أية ملاحظة وذلك ليصار إلى اتخاذ الإجراءات الأمنية اللازمة.

8- عدم السماح بترخيص أي بناء إلا بعد إجراء سبور جيوفيزيائية مكثفة وجيولوجية خصوصاً في أماكن التأسيس، واعتماد نظام الحصائر بدلاً من نظام الركائز.

9- نقترح تكتيم أو حقن الفجوات تحت السطحية وخاصةً في الأماكن الحساسة كالمدارس لتفادي حصول كوارث مستقبلية.

10- نقترح إنشاء مكتب طوارئ في منطقة رأس العين توكل إليه المهام التالية:

- القيام بحملات توعية للمواطنين حول خطر الانهيارات وطريقة تشكلها والمظاهر التي تعطي مؤشرا لقرب حدوث انهيار ما ومن هذه المؤشرات:

*حصول تشققات في جدران الأبنية وخاصة التشققات العرضية.

* ظهور تشققات في الشوارع أو الأرصفة أو ساحات الأبنية.

* وجود انخفاسات صغيرة في الشوارع أو حول الأبنية.

– وضع رقم هاتف ثابت لاستقبال اتصالات الأهالي عند ملاحظتهم أي ظاهرة تدل على احتمال تشكل انهيار ما.

– توعية الأهالي بالتأثير السلبي الكبير لرمي القمامة أو أية مخلفات أخرى في الحفر المتشكلة نتيجة الانهيارات، حيث أن هذه الحفر متصلة بأقنية كارستية تصل إلى المياه الجوفية مما قد يؤدي إلى تلوث هذه المياه بالمواد الكيميائية والجرثومية السامة فتصبح غير صالحة للشرب.

– إخلاء المنازل والمباني الحكومية التي يدل وضع التشققات فيها إلى احتمال حدوث انهيارات مع تأمين الملجأ للمتضررين ريثما تتم معالجة مبانيهم.

– وضع سياج حول الانهيارات المتشكلة والمناطق التي يحتمل حدوث انهيارات فيها ومنع الأطفال من الاقتراب أو اللعب قربها حتى تتم معالجتها.

– الزام الأهالي بتأمين منازلهم ضد الانهيار.

فهرس المصطلحات العلمية

A	
Arc view GIS 3.2	برنامج نظام المعلومات الجغرافي ارك فيو
Arc info.9.2	برنامج نظام المعلومات الجغرافي ارك اينفو

B	
Basalt (moist)	بازلت رطب
Bluetooth	وصل وتخاطب
C	
Collapse Sinks	بالوعات انهدامية
Caves	الكهوف الكارسيتة
CCTS	أشرطة مغنطيسية
CD- ROM	أقراص ليزرية
Change detection	تحديد التغير
Conductivity	الناقلية
Concrete (dry)	اسمنت جاف
Concrete (moist)	اسمنت رطب
Concrete, sandy (dry)	اسمنت مع رمل جاف
Concrete, sandy (saturated)	اسمنت مع رمل مشبع
Clay (saturated)	غضار مشبع
Control Unit	وحدة التحكم
Cable for Power Supply	كبل لمزود الطاقة الخارجي
Charger for External Power Supply	شاحن لمزود الطاقة الخارجي
Control Chip	رقاقة التحكم
Carrying Case	حقيبة لحمل الجهاز
Correction	التصحيح
Cell	خلية
D	
Dolines	بالوعات الإذابة
Data base	قاعدة بيانات
Distance and area measurements	حساب المسافة والمساحة الدقيقة
DEM: Digital Elevation Model	نموذج الارتفاع الرقمي
dielectricity	العازلية
Diffusion Speed	سرعة الاختراق
3D Software	برنامج ثلاثي البعد
DEM	نموذج ارتفاع رقمي
Derive Datasets	اشتقاق مجموعات البيانات
Distance to caves	المسافة إلى التكهفات
Distance to sinkholes	المسافة إلى الانخفاسات
Distance to permeability	المسافة إلى النفاذية
E	
Excel	برنامج الجداول الالكترونية
ERDAS IMAGINE 9.1	برنامج تفسير الصور الفضائية
Exabyte	أقراص ليزرية
Eternal Power Supply	مزود الطاقة الخارجي
F	
Future I-160	برنامج ثنائي البعد لتفسر معطيات الجيورادار
Filtrations	التصفية
Feature dataset	قاعدة معطيات خطية
G	
Global Mapper	برنامج معالجة الصور الفضائية الرادارية
GIS	نظام المعلومات الجغرافية
GPS	نظام تحديد المواقع العالمي
Geometric Correction	التصحيح الهندسي للصور الفضائية

GIS Modeling	تطوير قواعد البيانات في أنظمة المعلومات الجغرافية
Mobile GPS	جهاز موبايل لتحديد الموقع العالمي
Granite (dry)	كرانيت جاف
Granite (moist)	كرانيت رطب
Georadar Data Acquisition	مرحلة المسح الحقلي
Graph	شكل
Georadar Data processing	معالجة المعطيات الرادارية
Georadar Data Interpretation	تفسير المعطيات
H	
Horizontal Probe	السابر الأفقي
Headphones	سماعات
Histogram	الهيستوغرام
Hillshade	تدرج الظلال
I	
Image merging	دمج الصور
Image classification	تصنيف الصور
Ice	جليد
Interpolations	الإملاء
Interval	الفاصلة
L	
Land Subsidence	انهيار سطح الأرض
Landivo	مكوك الفضاء الأمريكي لانديفو
Line of Sight	خط النظر
Material	مادة
Limestone (dry)	حجر كلسي جاف
Limestone (moist)	حجر كلسي رطب
Linkage for Probe	وصلة السابر
M	
Metals	معادن
Manual	دليل عمل الجهاز
N	
N_1^1	التورتون
Nominal	الإسمي
O	
Ordinal	الرتبي
P	
Processing Modflow	منظومة معالجة جريان الطين
photo shop-7	برنامج معالجة الصور
Q	
Query	الاستعلام
R	
Remote Sensing	الاستشعار عن بعد
Reference Points	نقاط مرجعية
Dielectric Constant Relative	ثابت الناقلية والعازلية
Ratio	النسبة
Raster Dataset	قاعدة معطيات نقطية
Reclass of Distance to caves	إعادة تصنيف المسافة إلى التكهفات
Reclass of Distance to sinkholes	إعادة تصنيف المسافة إلى الانهيارات
Reclass of permibility	إعادة تصنيف النفاذية

Reclass of Slope	**إعادة تصنيف الانحدار**
S	
Surfer-8	**برنامج سيرفر**
SPOT	**التابع الصنعي سبوت الفرنسي**
SRTM3	**نموذج الارتفاع الرقمي العالمي**
Sinkholes	**الحفر الغائرة**
Salt water	**ماء مالح**
Sandstone (moist)	**حجر رملي رطب**
Sensor	**حساس**
Spatial Analyst	**التحليل المكاني**
Slope	**الانحدار**
T	
TM – LANDSAT	**التابع الصنعي لاند سات الأمريكي**
Trigonometry	**تقنية حسابات المثلثات**
U	
USGS	**الهيئة الأمريكية للطبوغرافيا الجيولوجية**
USB Bluetooth Dongle	**جهاز حماية البلوتوس**
USB Extention Cable	**كبل التوصيل**
USB Setup CD	**قرص الإعداد**
V	
VES	**السبر الكهربائي الشاقولي**
Visulizer 3D	**برنامج ثلاثي البعد لتفسر معطيات الجيورادار**
Vertical Probe	**السابر الشاقولي**
W	
Word	**تنسيق الكتابات والرسوم**
Water (pure)	**ماء عزب**

المراجع (References)

1- أبو راضي، فتحي عبد العزيز: الاستشعار عن بعد أسس وتطبيقات. دار المعرفة الجامعية للطبع والنشر والتوزيع، 2008.

2- أبو ريشة، علي وفا عبد الرحمن: أسس تقنيات الاستشعار عن بعد. مركز دراسة الصحراء. جامعة الملك سعود. الرياض،.1993

3- الاستشعار عن بعد وتطبيقاته. الجزء الأول(الصور الجوية)، جمعية عمال المطابع التعاونية. عمان، 1979.

4- أكساد والشركة العامة للدراسات المائية، مشروع إعداد بنك المعلومات والموديل الرياضي للقسم الشمالي من حوض نهر الخابور، دمشق، 2003.

5- آل سعود، مشاعل بنت محمد: تطبيقات تقنية الاستشعار عن بعد والأساليب الجيوديسية المتطورة في دراسة مورفومترية الوديان الجافة. الندوة الجغرافية السابعة بجامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، الرياض، المملكة العربية السعودية، 2004.

6- حسن، محمود محمد: ترجمة دليل استخدام جهاز Future I-160 من شركة OKM. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، 2006.

7- حسن، محمود محمد: ترجمة دليل استخدام برنامج Visulizer-3D من شركة OKM. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، 2007.

8- حمود: سميح أحمد: أساسيات نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها في رؤية جغرافية. دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة. الجامعة الأردنية، 2005.

9- الحمامي، عاهد ذنون: استخدام نموذج الارتفاعات الرقمي SRTM في نظام معلومات جغرافي لإنتاج خريطة ثلاثية الأبعاد لمدينة الموصل(باللغة الانكليزية). 2007.

10- الخليل، عمر محمد: تعلم برنامج Arc Gis. دار التواصل العربي للطباعة والنشر والتوزيع. 2007.

11- داوود، جمعة محمد: ترجمة دليل استخدام برنامج Arc Tool Box من شركة ايزري..2008

12- داوود، جمعة محمد: شرح لبعض أدوات برنامج Arc Tool Box ..2008

13- داوود، جمعة محمد: ترجمة دليل استخدام برنامج Arc Map من شركة ايزري. 2008.

14- الدليل العلمي الكامل لنظام المعلومات الجغرافية Arc View9 . الطبعة الأولى، دار شعاع للنشر والعلوم، 2007.

15- الدليل العربي لايرداس ايماجين الطبعة الرابعة، ترجمة وإعداد دار التقنية الحديثة، دمشق، 1999.

16- الزيدي، نجيب عبد الرحمن: نظم المعلومات الجغرافية GIS، منشورات دائرة المكتبة الوطنية. الأردن، 2007.

17- سلوم، زياد:تقرير استخدام تقانات الاستشعار عن بعد والدراسات الجيوفيزيائية في تحديد النطاقات النفوذة ونطاقات التسرب الهيدروجيولوجي عبر الحدود السورية التركية من جرابلس حتى رأس العين. تنفيذ

جامعة دمشق، الوحدة المهنية للدراسات والاستكشاف الجيوفيزيائي، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد. 1999.

18- شركة "أغروكومبليكت" البلغارية، مشروع ري حوض نهر الخابور، مركز الدراسات الجيولوجية والهيدروجيولوجية، سوريا، 1977-.1984

19- الشركة العامة للدراسات المائية، مشروع دراسة الحوض الهيدروغرافي لنهري دجلة والخابور، حمص، 1999-.2000

20- صيام، يوسف: المساحة الجوية والاستشعار عن بعد. كلية الهندسة والتكنولوجيا. الجامعة الأردنية. عمان، .1994

21- العنقري، خالد محمد: الاستشعار عن بعد وتطبيقاته في الدراسات المكانية. دار المريح للنشر. الرياض، .1986

22- فرحان، يحيى عيسى: الاستشعار عن بعد وتطبيقاته. قسم الجغرافيا. الجامعة الأردنية. عمان، 1987.

23- مركز الدراسات العسكرية والجمعية الجغرافية السورية، المعجم الجغرافي في القطر العربي السوري، المجلد الثالث، دمشق.

24- منظمة الأغذية والزراعة العالمية- الفاو، دراسة الموارد المائية الجوفية في الجزيرة السورية، روما،.1966

25- المومني، لطفي: دراسة في الجغرافية التطبيقية والاستشعار عن بعد منشورات دائرة المكتبة الوطنية. الأردن، .1997

26- يوسف، أحمد عمر و أبو النور، حسن: هندسة الرادار، منشورات جامعة دمشق، 1994.

27- Ansiton, H, An analysis of the cause of subsidence damage in the Dunedin, Florida area, 1990-1991.

28- Beak, Barry, Sinkholes in Florida: an Introduction, 1986.

29- Beak, Barry,The Sinkhole Hazard in Pinellas Country, 1991.

30- Boscomer Services S.A., Dielectric constant and diffusion speed of electromagnetic waves in various matrials, 1989.

31- Curran, P.J, Princples of Remote Sensing, Longman, London. 1985.

32-. Kochanov, W. E., The karst features used for the density analysis, Pennsylvania Geological Survey, 1987–95 .
33- Lno, D., GPS. Theory Algrithms and Applications, Second Edition, 2007.
34- Lillesand, T.M. and Kiefer R.W, Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley and Sons, 1979.
35- Ponikarov, V.P., The Geological Map of Syria, Scale(1/200,000), Sheet J-37-v.x1 (Alhasaka), U.S.S.R, Rusian Tecnoexport Minsion, Ministry of Industry, Syria, 1966.
36- Reese, S. O., Karst density analysis, Pennsylvania, Geological Survey, 2003.

37- Reese, S. O., Map layout and design, Pennsylvania, Cartography, 2003.
38- Pollmeier, P.P, Princples of Georadar, Ulriksen, Germany. 1982.
39- Tomlison, Roger, Thinking about Geographic Information. System Planning for Manager(GIS), 2007.